

【第三編 土石流に対する技術基準編】

福島県版特定開発行為の手引き（案） （土石流に対する技術基準編）

目 次

第1章 対策工事等に関する基本的留意事項	1-1
第2章 対策工事等の計画	2-1
2-1 土砂災害の防止	2-1
2-2 対策工事等の周辺への影響	2-9
2-3 対策工事以外の特定開発行為に関する工事	2-11
2-4 土石流対策施設計画	2-13
第3章 えん堤等の設計外力の設定	3-1
3-1 設計諸定数	3-1
3-2 設計外力の設定	3-4
3-3 砂防えん堤等の対策施設の効果評価に関する考え方	3-9
第4章 山腹工の設計	4-1
第5章 えん堤の設計	5-1
5-1 土石流捕捉工	5-1
5-2 土石流堆積工	5-3
第6章 床固の設計	6-1
第7章 土石流を開発区域外に導流させるための施設の設計	7-1
7-1 土石流導流工	7-1
7-2 土石流流向制御工	7-4
第8章 高さ2mを超える擁壁の設計	8-1
第9章 特別警戒区域の範囲を変更する対策工事等の取扱い	9-1
【巻末参考資料】	
① 対策工事の種類と適用について	巻末-2
② 対策工事の計画例	巻末-6
③ 審査チェックリスト	巻末-12

第 1 章 対策工事等に関する基本的留意事項

法律

(許可の基準)

第 11 条 都道府県知事は、第 9 条第 1 項の許可の申請があったときは、前条第 1 項第 3 号及び第 4 号に規定する工事（以下「対策工事等」という。）の計画が、特定予定建築物における土砂災害を防止するために必要な措置を政令で定める技術的基準に従い講じたものであり、かつ、その申請の手続がこの法律又はこの法律に基づく命令の規定に違反していないと認めるときは、その許可をしなければならない。

施行令

(対策工事等の計画の技術的基準)

第 7 条 法第 11 条の政令で定める技術的基準は、次のとおりとする。

- 一 対策工事の計画は、対策工事以外の特定開発行為に関する工事の計画と相まって、特定予定建築物における土砂災害を防止するものであるとともに、開発区域及びその周辺の地域における土砂災害の発生のおそれを大きくすることのないものであること。
- 二 対策工事以外の特定開発行為に関する工事の計画は、対策工事の計画と相まって、開発区域及びその周辺の地域における土砂災害の発生のおそれを大きくすることのないものであること。
- 三 ー 略 ー
- 四 土砂災害の発生原因が土石流である場合にあっては、対策工事の計画は、土石流を特定予定建築物の敷地に到達させることのないよう、次のイからニまでに掲げる施設の設置の全部又は一部を当該イからニまでに定める基準に従い行うものであること。
 - イ 山腹工 山腹の表層の風化その他の侵食を防止すること等により当該山腹の安定性を向上する機能を有する構造であること。
 - ロ えん堤 土石流により流下する土石等を堆積することにより溪床を安定する機能を有し、かつ、土圧、水圧、自重及び土石流により当該えん堤に作用する力によって損壊、転倒、滑動又は沈下をしない構造であること。
 - ハ 床固 溪流の土石等の移動を防止することにより溪床を安定する機能を有し、かつ、土圧、水圧、自重及び土石流により当該床固に作用する力によって損壊、転倒、滑動又は沈下をしない構造であること。
 - ニ 土石流を開発区域外に導流するための施設 その断面及び勾配が当該施設を設置する地点において流下する土石流を開発区域外に安全に導流することができる構造であること。
- 五 ー 略 ー

六 対策工事の計画及び対策工事以外の特定開発行為に関する工事の計画において定める高さが2メートルを超える擁壁については、建築基準法施行令（昭和25年政令第338号）第142条（同令第7章の8の準用に関する部分を除く。）に定めるところによるものであること。

【解 説】

法第11条には、特定開発行為を許可する基準として以下の2つの工事を政令第7条に従って計画することが規定されている。

- ① 土石流による土砂災害を防止する対策工事
- ② 対策工事以外の特定開発行為に関する工事

特定開発行為の許可は、これら2つの工事の計画（設計）が政令第7条の技術的基準に適合しているかどうかの観点から審査する。許可されない場合、これら2つの工事を着工することができない。着工後、工事が完了した際には、同様にその工事が政令第7条の技術的基準に適合しているかどうか検査する。検査に合格しない場合、特定予定建築物を建築することができない。審査及び検査の際の主な着眼点は以下のとおりである。

（１）対策工事全般

- 1) 対策工事以外の特定開発行為に関する工事の計画と相まって、特定予定建築物の敷地に土石等が到達させることのないよう計画されているか。複数の工事又は施設を組み合わせた場合も同様に、対策工事が全体として、対策工事以外の特定開発行為に関する工事の計画と相まって、特定予定建築物の敷地に土石等が到達させることのないように計画されているか。
- 2) 対策工事に係る開発区域及びその周辺の地域における土砂災害のおそれを大きくさせてないか。

（２）対策工事以外の特定開発行為に関する工事全般

- 1) 対策工事の計画と相まって、開発区域及びその周辺の地域における土砂災害のおそれを大きくさせてないか。
- 2) 対策工事の機能を妨げていないか。

（３）山腹工

- 1) 山腹工は荒廃した山腹の表土の風化その他の侵食を防止し、当該山腹の安定性を向上させる機能を有するものであるか。

（４）えん堤及び床固

- 1) 土石流の発生のおそれのある溪流の土石等の状況等を勘案して、溪床を安定させるために適切な位置に設置されているか。
- 2) 施設の設置位置において想定される土石等の量を考慮して、適切な施設の規模となっているか。
- 3) 土圧、水圧、自重及び土石流により当該えん堤及び床固に作用することが想定される土石流の流体力を考慮して損壊、転倒、滑動又は沈下をしない構造となっているか。

（５）土石流を開発区域外に導流するための施設の設置

- 1) 特定予定建築物の敷地に土石等が到達させることのないように計画されているか。
- 2) 土石流を安全に開発区域外に導流させることができる断面及び勾配を有する構造となっているか。

第2章 対策工事等の計画

土石流の対策工事の計画は、「土石流対策技術指針（案）平成12年7月 建設省（現国土交通省）河川局砂防部砂防課」によるものとする。

2-1 土砂災害の防止

対策工事の計画は、対策工事以外の特定開発行為に関する工事の計画と相まって、特定予定建築物における土砂災害を防止するものであること。

その対策工事は「山腹工」、「床固」、「えん堤」、「土石流を開発区域に導流するための施設」に区別され、これらのうちどれか、又は、これらを組み合わせた対策工事によって特定予定建築物の敷地に土石等が到達させることのないようにするものとする。

【解説】

（1）特定予定建築物における土砂災害の防止

特定予定建築物における土砂災害を防止することが対策工事の目的である。特定開発行為に関する工事では、対策工事以外の工事も対策工事に近接して施工されることが多く、特定予定建築物における土砂災害の防止に無関係とはいいきれない。そのため、特定予定建築物における土砂災害の防止に対しては、対策工事及び対策工事以外の特定開発行為に関する工事の双方を総合的に評価する必要がある。

特定予定建築物における土砂災害を防止するために自ら施工しようとする工事（対策工事＝A）と対策工事以外の特定開発行為に関する工事（対策工事以外の工事＝B）の相互の関係は以下のとおりとなる。

1）対策工事（A）が対策工事以外の工事（B）に悪影響を与える場合

土石流を導流する目的で流下断面を確保するために行った嵩上げを、特定予定建築物の敷地のみに（A）として実施した場合に、隣接した（B）を行ったエリアにおいて土石流による被災の恐れが増大する場合（図 2-1 参照）。

2）対策工事（A）が対策工事以外の工事（B）に効果を与える場合

えん堤を（A）として整備したところ、隣接して開発（B）を行ったエリアにおいても土石流による被災の恐れがなくなる場合（図 2-2 参照）。

3）対策工事以外の工事（B）が対策工事（A）に悪影響を与える場合

開発区域内の特定予定建築物を建設する予定地の直上流に大規模な盛土（B）が造成さ

れることによって、土石流の流下方向が変化し、予定していた導流施設へ土石流が流下しない場合（図 2-3 参照）。

4) 対策工事以外の工事（B）が対策工事（A）に効果を与える場合

一団の開発区域全体を嵩上げ（B）することにより一定量の土石流を導流することが可能になり、当初予定したえん堤の規模を減じることが可能となる場合（図 2-4 参照）。

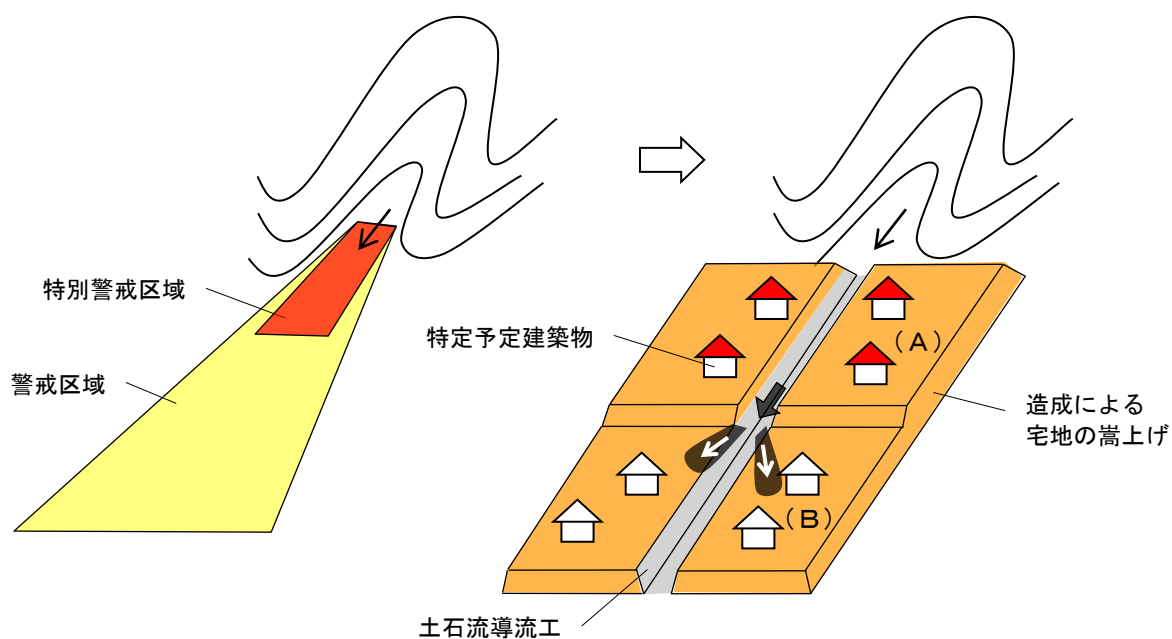


図 2-1 対策工事が対策工事以外の工事に悪影響を与える例

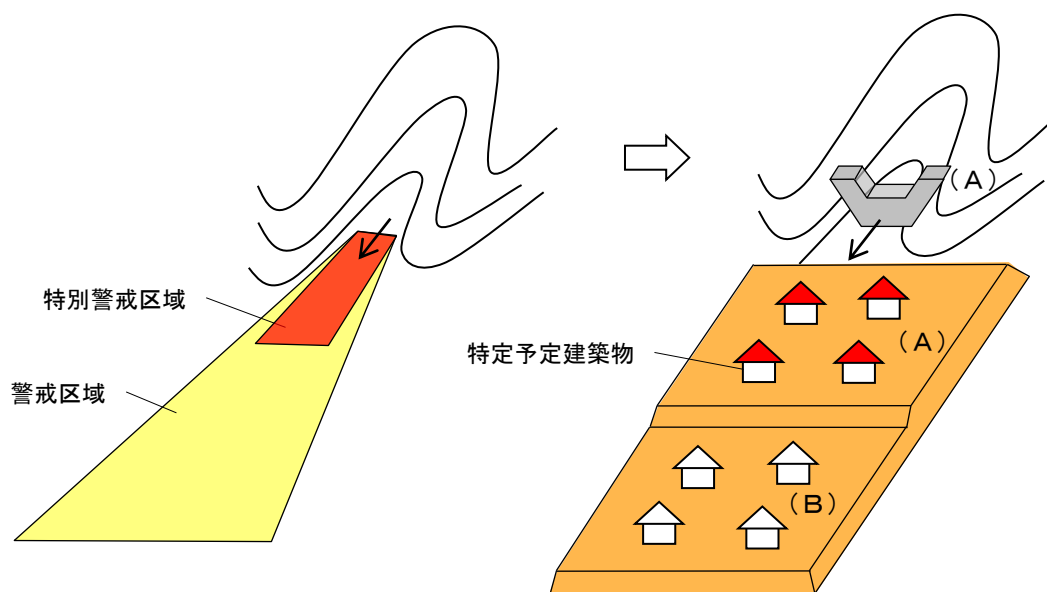


図 2-2 対策工事が対策工事以外の工事に効果を与える例

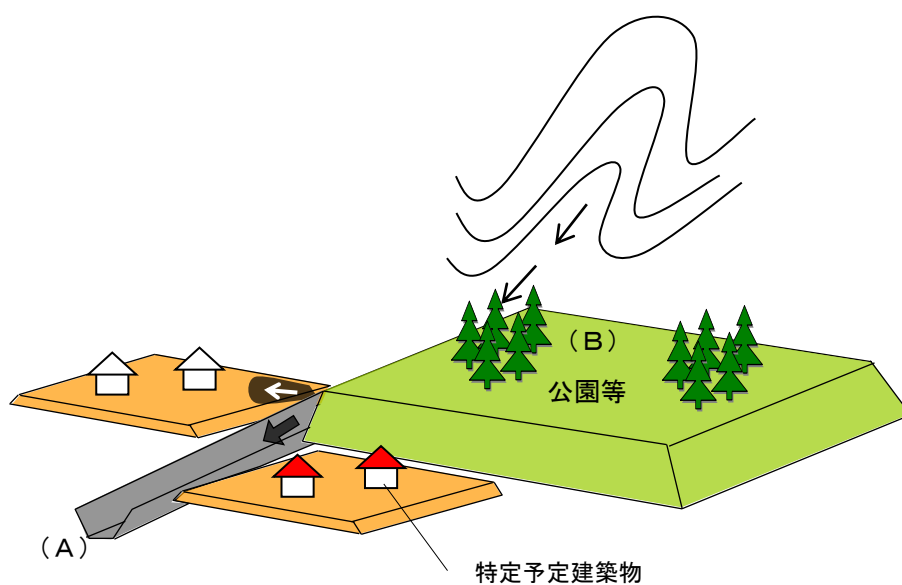


図 2-3 対策工事以外の工事が対策工事に悪影響を与える例

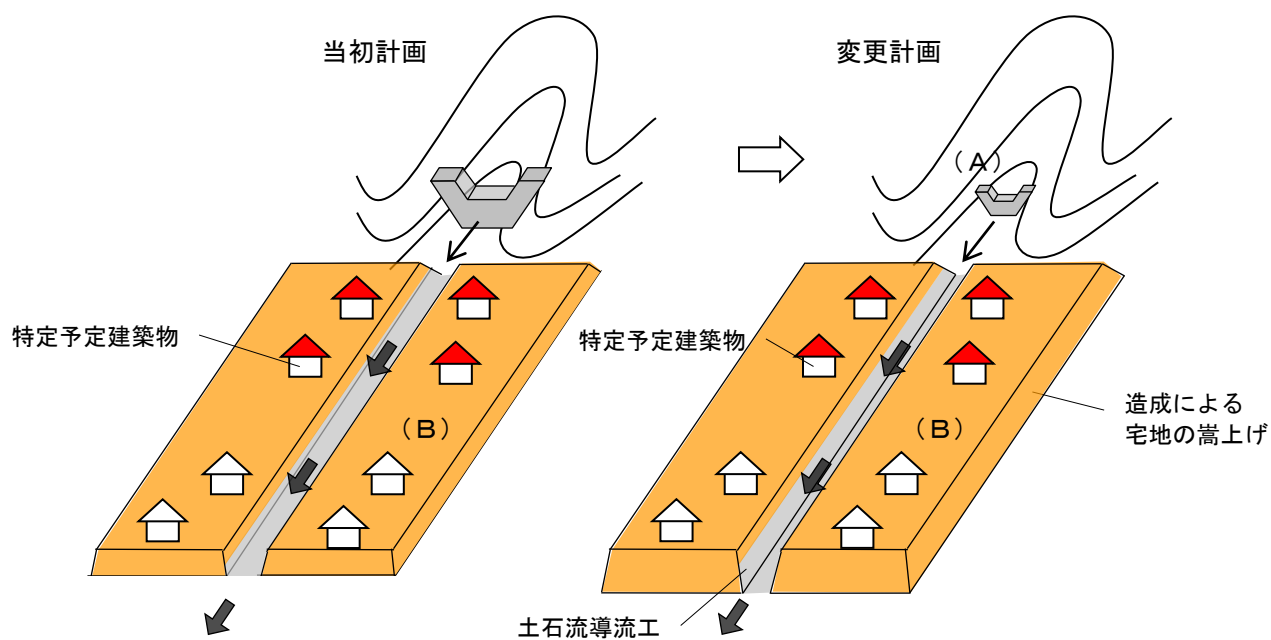


図 2-4 対策工事以外の工事が対策工事に効果を与える例

（２）対策工事の種類

対策工事は図 2-5 のように区分され、それぞれの概要は以下のとおりである。また、表 2-1 にはそれぞれの対策工事の種類と特性を示した。

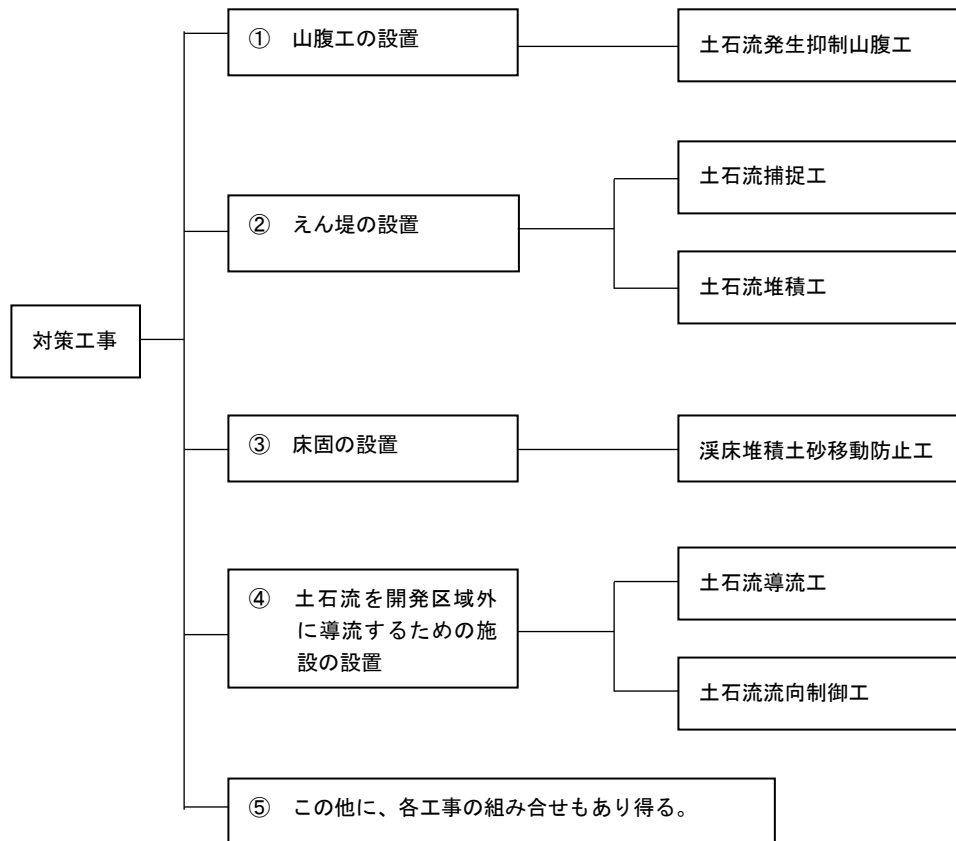


図 2-5 対策工事の区分

表 2-1 対策工事の種類

施設区分	工 種	適用範囲及び特色等
山腹工	土石流発生抑制山腹工	土石流の発生源となる崩壊を抑制することにより、土石流の発生及び大規模化を防止するものである。土石流の発生源が特定できる場合には効果的である。
えん堤	土石流捕捉工	土石流を一時的に貯留し、その後掃流形態で下流に安全に流下させるものである。一度堆積した土砂はその後の中小出水によって自然に排出されることを期待するものであるが、土石流が短い間隔で発生する恐れがある場合や、溪流を流れる流水が少なく堆積した土砂の自然排出に時間を要する場合には、除石が行われる場合がある。
	土石流堆積工	流出する土石流を停止させ貯留するものである。溪間部の溪床勾配が急峻で十分な土石流捕捉対策ができない地域や、活動中の火山地域のように発生頻度及び規模とも大きい地区では除石を前提にこの工法を採用するが多い。
床固	溪床堆積土砂移動防止工	土石流の発生源となる溪床・溪岸侵食等を抑制することにより、土石流の発生を防止するものである。大規模崩壊地の基部や溪床堆積物の異常堆積地に設置するが多い。
土石流を 開発区域 外に導流 するため の施設	土石流導流工	流出する土石流を保全対象区間の途中で堆積することなく、土地利用の少ない下流まで安全に流下させる工法である。下流に土地利用の低い荒廃地あるいは海、湖、谷地形をもつ大河川がある場合で、土石流発生頻度、規模とも大きい地域では効率的な工法である。
	土石流流向制御工	導流堤又は締切堤等により土石流の流下方向を変え、特定開発区域への直撃を防止するものである。 保全対象が土石流氾濫域の一部分に片寄って分布する地区、活動中の火山地域における緊急的な対策として用いられる。

1) 山腹工

山腹の表層の風化その他の侵食を防止すること等により、当該山腹の安定性を向上する機能を有する施設。

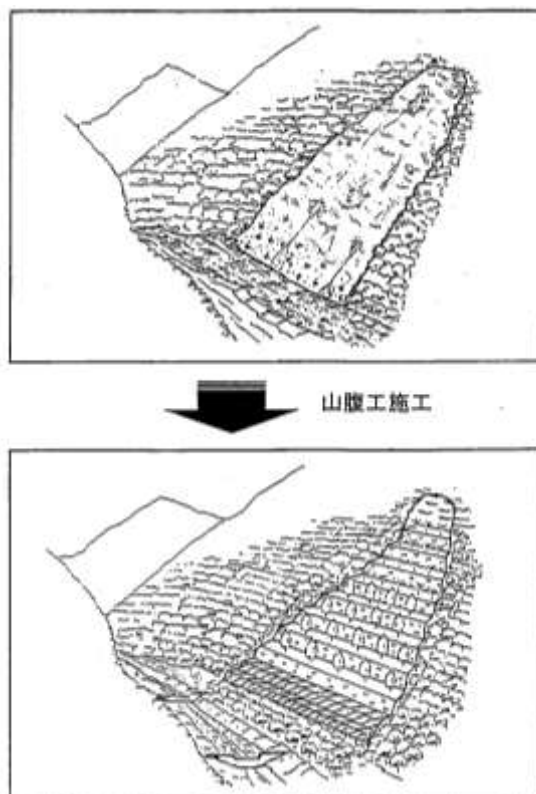


図 2-6 山腹工のイメージ

2) えん堤

土石流により流下する土石等を堆積させる施設は、以下のものがある。

ア 土石流捕捉工

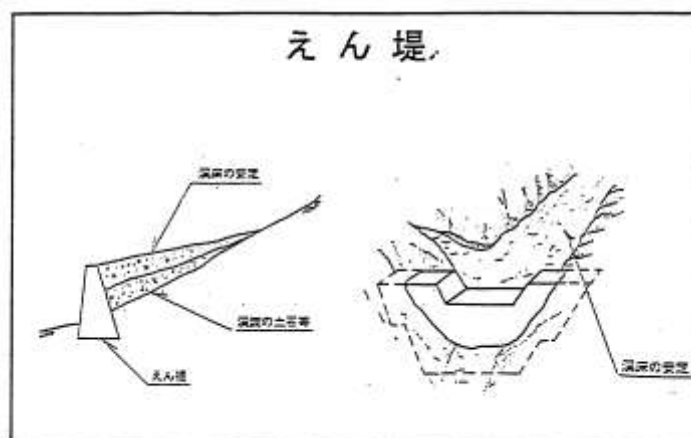


図 2-7 土石流捕捉工のイメージ

イ 土石流堆積工

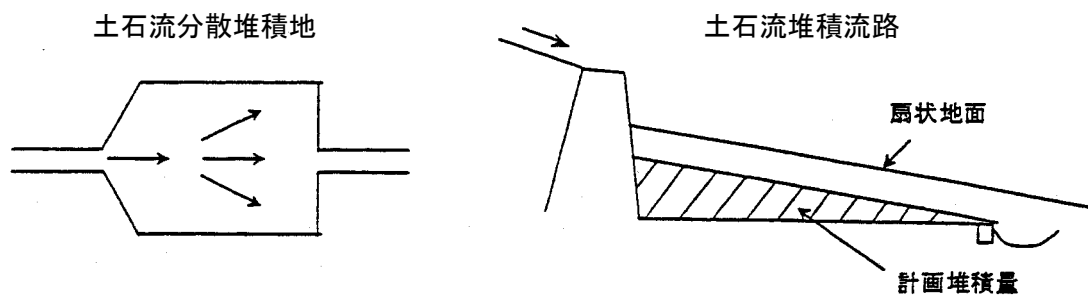


図 2-8 土石流堆積工のイメージ

3) 床固

溪流の土石等の移動を防止することにより、溪床を安定する機能を有する施設。

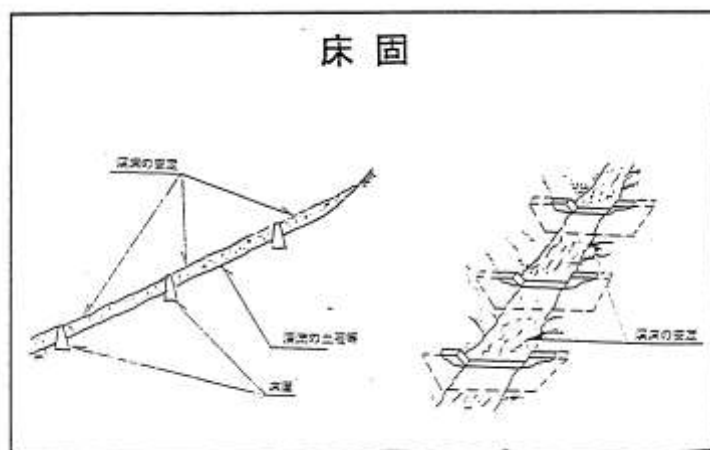


図 2-9 床固のイメージ

4) 土石流を開発区域外に導流するための施設

土石流を開発区域外に導流するための施設は以下のものがある。

ア 土石流導流工

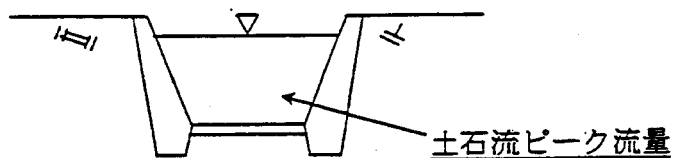


図 2-10 土石流導流工のイメージ

イ 土石流流向制御工

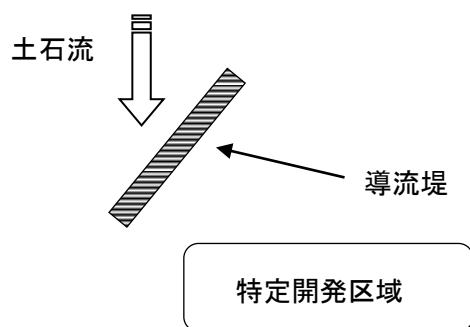


図 2-11 土石流流向制御工のイメージ

5) 対策工事の組み合わせ

上記の1)～4)を組み合わせることで特定予定建築物の敷地に土石等を達しないようにする場合も考えられ、以下のような例があげられる。

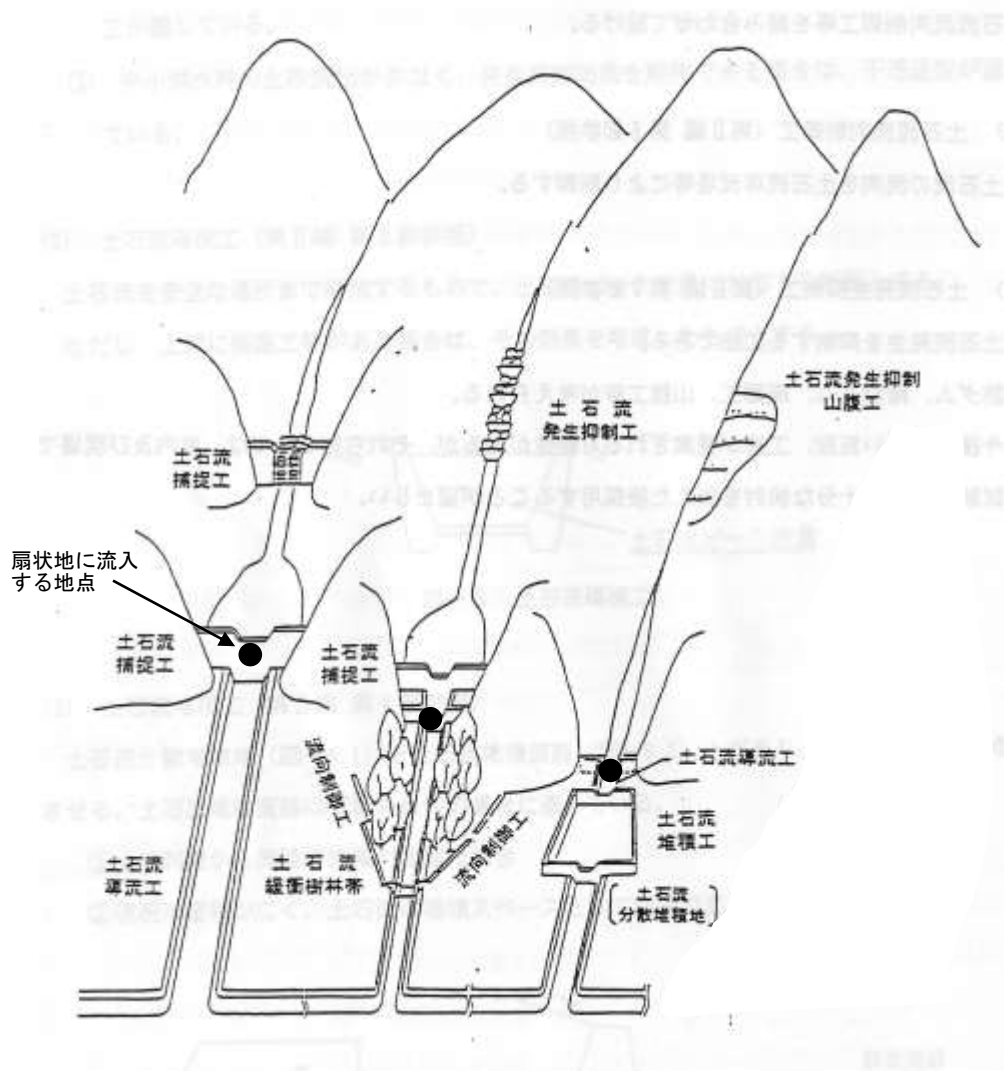


図 2-12 対策施設の組み合わせ

2-2 対策工事等の周辺への影響

対策工事の計画は、対策工事以外の特定開発行為に関する工事と相まって、開発区域及びその周辺の地域における土砂災害の発生のおそれを大きくすることのないものであること。

対策工事以外の特定開発行為に関する工事の計画は、対策工事の計画と相まって、開発区域及びその周辺の地域における土砂災害の発生のおそれを大きくすることのないものであること。

【解 説】

対策工事等によって、周辺の地域における土砂災害の発生のおそれを大きくすることがあってはならない。対策工事及び対策工事以外の特定開発行為に関する工事の両者のトータルで、周辺の地域における土砂災害の発生のおそれを大きくすることがないようにする必要がある。

当該開発区域及び周辺の地域における土砂災害のおそれを増大させる対策工事等の例は以下のものなどがある。

土石流の進行方向を開発区域周辺に向け、かつ向けた先の安全性を確保しない工事

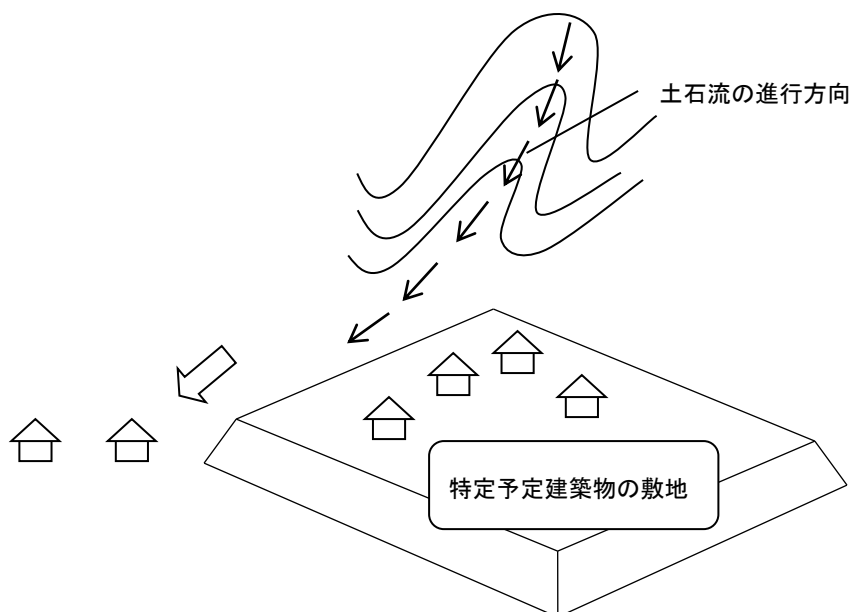


図 2-13 土砂災害のおそれを増大させる対策工事の例

同様に導流堤等によって土石流の進行方向を変える対策工事を行った場合でも、下流において流路整備を適正に対策工事に盛り込み、当該開発区域及び周辺の地域における土砂災害のおそれを増大させないようにすれば問題ない。

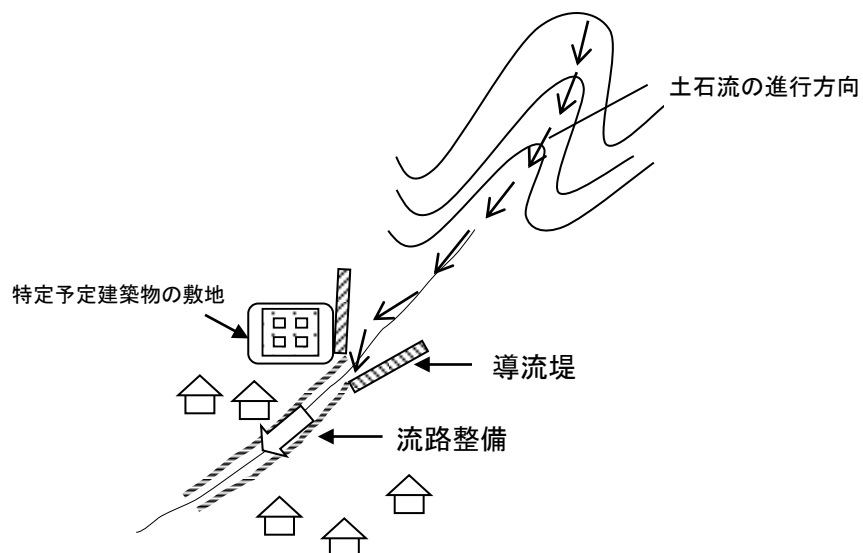


図 2-14 流路整備を適正に対策工事に盛り込んだ対策工事の例

2-3 対策工事以外の特定開発行為に関する工事

対策工事以外の特定開発行為に関する工事の計画は、対策工事の計画と相まって、開発区域及びその周辺の地域における土砂災害の発生のおそれを大きくすることのないものであること。

【解説】

対策工事以外の特定開発行為に関する工事の計画は、開発区域及びその周辺の地域における土砂災害の発生のおそれを大きくすることのないものであることが規定されていることから、特定開発行為許可制度においては、開発区域及びその周辺の地域において新たに土砂災害の発生のおそれが大きくなっていないかどうかを審査する必要がある。

(1) 溪流にかかる橋梁の設置

溪流上にかかる橋梁の桁下高が不足することによってトラブルスポットとなり、土石流の氾濫のおそれが生じていないかについて審査するものとする。

技術的基準は、「砂防指定地内の河川における橋梁等設置基準(案)」によるものとする。本基準を準拠する溪流とは、現状で土砂が流下する溪流をいい、勾配が緩いなど、流水のみが流下する溪流は適用外である。溪流保全工を整備すべき区間を目安にできる。

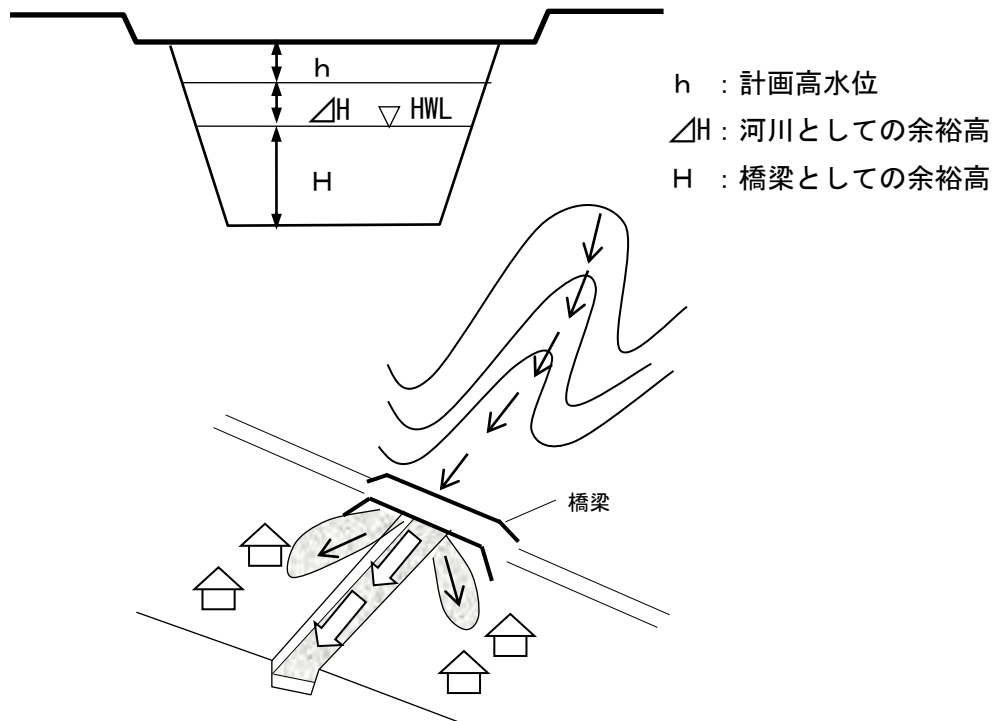


図 2-15 トラブルスポットによる土石流氾濫のイメージ

（２）渓流内における造成工事等

開発区域が、特別警戒区域の上流端（以下、「基準地点」という。）より上流の渓流内まで及ぶ場合、想定している流出土砂量を増やすような開発行為が行われるとピーク流量が増大して、土石流の規模が従前よりも大きくなるおそれがある。このため、このような造成工事に対しては、土砂の流出を防止するような対策が講じられているか審査する。

なお、流出土砂量を増やすような開発行為とは、流域内における盛土や切土を伴う造成、樹木の伐採を伴う開発行為をいう。

（３）造成工事による土石流流下方向への影響

開発区域において盛土等の造成工事を行うことによって、従前に想定している土石流の流下方向が変わるおそれがある場合（図 2-13 参照）、開発区域及びその周辺の地域において新たに土砂災害の発生のおそれが大きくすることになる。このような造成工事は、審査の対象とする。

（４）流下方向に影響する道路の敷設

開発区域内において新規に道路を敷設する場合に、その方向や勾配によっては土石流が道路に沿って流下するおそれが考えられる。このような敷設工事は、開発区域及びその周辺の地域における土砂災害の発生のおそれを大きくすることとなるので、道路の敷設により土石流の流下方向に悪影響を及ぼしていないかについても審査の対象とする。

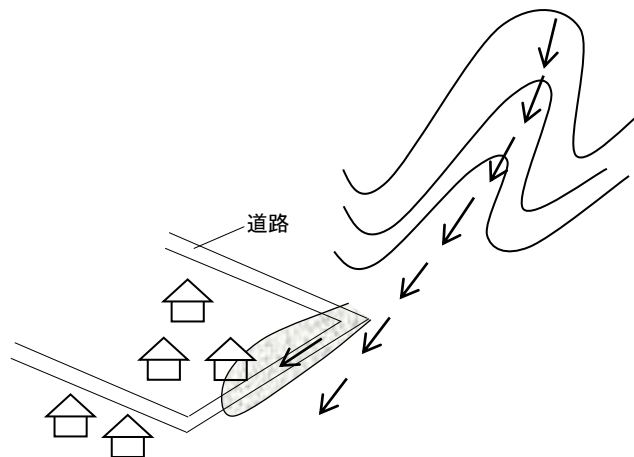


図 2-16 土石流の流下方向に影響する道路の敷設

2－4 土石流対策施設計画

特定予定建築物の敷地に土石等を到達させないようにするため、土石流規模等を考慮して、土石流を合理的かつ効果的に処理するよう土石流の発生のおそれのある溪流ごとに土石流対策施設計画を定めるものとする。なお、計画にあたっては、土砂災害防止法関係法令、「土石流対策技術指針（案）」及び「土砂災害防止法に基づく福島県版基礎調査の手引き（改訂版）（平成17年3月）」によるものとする。

（1）土石流対策施設の効果量

対策施設による効果量を算定し、土石流により流下する土石等の量を処理する計画を策定する。対策施設の効果量は、捕捉量、堆積量、土石流発生抑制量、計画流下許容量を見込むことができる。

【解 説】

土石流対策施設計画は、特定予定建築物の敷地の直上流において以下の式を満足させるように作成する。

$$V - E \leq (B + C + D)$$

ここに、

V：土石流により流下する土石等の量

E：計画流下許容量

B：計画土石流発生抑制量

C：計画堆積量

D：計画捕捉量

上式のうち、計画流下許容量 E は、土石流導流工を計画しない場合は一般的には 0 である。導流方式を計画に取り入れる場合は、導流工の流下能力から一洪水期間中に流下できる土砂量を推定し、計画流下土砂量とする。対策施設の効果量は表 2-2 のとおりである。

表 2-2 効果量の説明

対策施設の効果量	説 明
計画捕捉量	土石流発生時に土石流対策施設により堆積させる土石等の量である。土石流後の中小洪水により自然に回復こともあるが、流域面積が小さく中小洪水の流量が少ない場合や、水通し部（透過部）が大礫により閉塞された場合には回復は見込めない。
計画堆積量	土石流発生時に土石流対策施設により堆積させる土石等の量であり、除石を行わない限り、堆積容量は自然に回復することはない。
計画土石流発生抑制量	土石流の発生・流下区間において対策施設により土石流となる土石等の量を減少させるものである。
計画流下許容量	土石流発生時に土石流対策施設により計画基準点から下流の河川や保全対象にとって無害に流下させる土石等の量である。

（２）土石流により流下する土石等の量

特定開発で対象とする「土石流により流下する土石等の量（ V ）」は、流体力算出土砂量（ Ve' ； m^3 ）から施設効果量を引いたものと運搬可能土砂量（ Vec ； m^3 ）を比較し、小さい方とする（「土砂災害防止法に基づく福島県版基礎調査の手引き（改訂版）（平成 17 年 3 月）」第三編 4-2-2-1）。

なお、基礎調査において算出しているので、その数値を用いることとする。

土石流により流下する土石等の量は溪床不安定土砂の調査状況をもとに、各調査区間毎に平均侵食可能断面を設定し、谷の長さに乗じた区間の侵食土砂量を積み上げて最大となるように設定する。

このようにして求められた流体力算出対象土砂量から施設効果量を引いた値と基準地点での運搬可能土砂量を比較して小さいほうの値が土石等の量となる。

ただし、流体力算出対象土砂量＞運搬可能土砂量の場合は、流体力算出対象土砂量を再確認する。

なお、小規模の溪流（ $0.1km^2$ 以下）で発生した災害 86 事例のうち 6 割が $1,000m^3$ 以上であること、崩壊起因型の土石流の場合大半が流域面積にかかわらず $1,000m^3$ 以上であることから小規模溪流での無施設時の最小値を $1,000m^3$ とする（桜井亘(2002)小規模な溪流で発生する土石流の流出土砂量に関する研究. 土木技術資料 44-4, p.6-7.）。

施設効果量を差し引く場合は流路区間ごとの土砂量から算出している場合は、ダム等の施

設地点より上流の区間での土砂量から効果量を差し引くものとし、運搬可能土砂量で最小値を用いている場合は施設効果量は差し引かない。

① 流体力算出対象土砂量

流体力算出対象土砂量 ($V_{e'}$; m^3) の算出式は次式を用いる。

$$V_{e'} = A_e \times L_{me} = (B' \times D_e) \times L_{me}$$

ここで、

$V_{e'}$: 流体力算出対象土砂量 (m^3)

A_e : 溪床堆積物の平均断面積 (m^2) ($B' \times D_e$)

溪流の堆積物のある箇所等の断面を計測し侵食可能な面積を計測する。

B' : 侵食幅 (m)

D_e : 侵食深 (m)

L_{me} : 想定土石流流出区間 (m)

L_e : 谷の出口から溪流の再遠点までの流路に沿って計った距離 (m)

土石流の崩壊侵食が想定される区間。土石流の発生により崩壊が想定される区間であるので0次谷から計測する。最下点は氾濫開始点とし、氾濫開始点は設定着目点によって決定する。

注)「流体力算出対象土砂量」は施設効果量も考慮し、最大の土砂量となる「想定土石流流出区間 (L_{me})」を溪流長とする。

ただし、除石計画がない場合には、基準地点から上流（全流域）の侵食可能土砂量を集計し、土砂量を算定する。

(施設がないときの図)

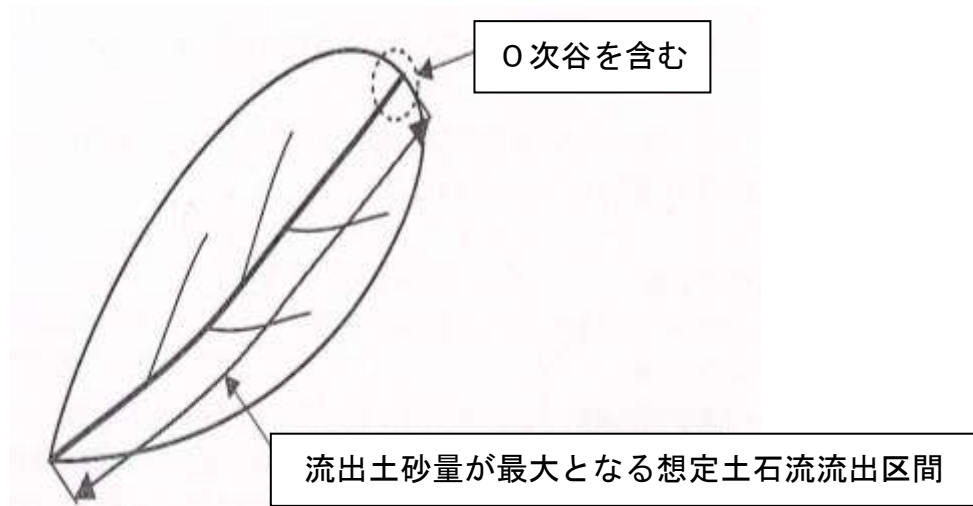


図 2-17 流体力算出対象土砂量設定イメージ図（施設がない場合）

(施設があるときの図)

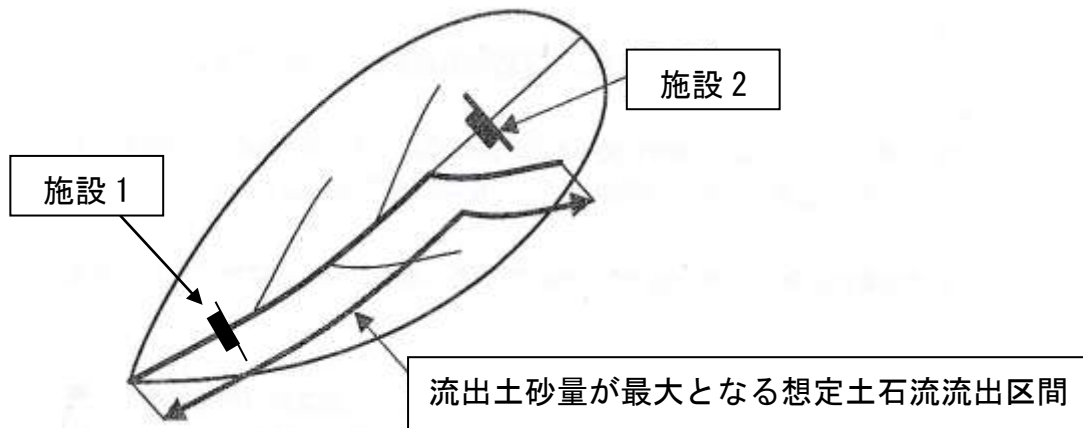


図 2-18 流体力算出対象土砂量設定イメージ図（施設がある場合）

以上は、基準地点における算出方法であるが、基準地点よりも下流の任意の地点では、次のように考える。

基準地点より下流において、土石等は土地の勾配によって決定される土石等の容積土砂濃度を保って流下する。

このとき、基準地点より下流の任意の地点における、土石流により流下する土石等の量 (V_i) は、基準地点における、土石流により流下する土石等の量 (V_0) と土石流が流下する土地の勾配 (θ_0)、及び算出地点における、土石流が流下する土地の勾配 (θ_i) から以下の式により算出することができる。

$$V_i = V_0 \times \frac{\{C^* \times (\tan \phi / \tan \theta_0 - 1) - \rho / (\sigma - \rho)\}}{\{C^* \times (\tan \phi / \tan \theta_i - 1) - \rho / (\sigma - \rho)\}}$$

ここで、

- C^* : 堆積土石等の容積濃度
- ϕ : 土石流に含まれる土石等の内部摩擦角 (°)
- ρ : 土石流に含まれる流水の密度 (t/m³)
- σ : 土石流に含まれる礫の密度 (t/m³)

② 運搬可能土砂量の算出

運搬可能土砂量の算出式は次式を用いる。

$$Vec = \frac{10^3 \cdot R_T \cdot A}{1 - \lambda} \left[\frac{Cd_0}{1 - Cd_0} \right] fr$$

A : 流域面積(km²) 第2章 1-1-4項で調査した値

C_{d0} : 基準地点の流動中の土石流の土砂濃度

ただし、0.30 < C_{d0} < 0.9C*とする。

R_T : 計画規模の降雨量(mm)

λ : 空隙率 0.4程度

fr : 流出補正率で流域面積によって与えられる

fr = 0.05(logA - 2.0)² + 0.05 ただし fr の上限は 0.5、下限は 0.1

(3) 対策施設毎の効果量の算出

土石流対策施設ごとの効果量は、表 2-3 のとおりである。

表 2-3 対策施設の効果量

(「土石流災害防止法に基づく福島県版基礎調査の手引き(改訂版)(平成17年3月)」第三編2-3-3-2)に加筆

対策工事	施設	効果量
土石流発生抑制山腹工	山腹工	計画土石流発生抑制量
土石流捕捉工	えん堤工 (土石流対策の砂防ダム、治山ダム施設)	計画土石流発生抑制量 計画捕捉量 (貯砂量) *1
土石流堆積工	土石流堆積流路 土石流分散堆積地	計画堆積量
溪床堆積土砂移動防止工	えん堤工(通常荒廃砂防ダム、治山ダム、所管不明のダム等の土石流対策となっていない施設)	計画土石流発生抑制量 計画捕捉量
	床固工、溪流保全工、床固工群、低ダム群	計画土石流発生抑制量
土石流導流工	導流堤、溪流保全工	(計画流下許容量として見込む)

*1: 将来の除石工等の維持・管理を条件とする。

1) 土石流発生抑制山腹工

土石流発生抑制山腹工の効果量は、特別警戒区域を設定するための基礎調査において計上している崩壊可能土砂量をもとに、施工面積に応じて土石流発生抑制量として見込むものとする。

【解説】

土石流発生抑制山腹工の効果量は、流域面積に対する山腹工の施工面積を、全流路長に対する効果を見込める流路長として算出する。

2) 土石流捕捉工

ア 計画捕捉量

計画捕捉量は、原則として平常時堆砂勾配の貯砂量と計画堆砂勾配時の貯砂量の差とする。

【解 説】

えん堤の堆砂勾配は、ほとんど水平に近い勾配から現溪床勾配程度の勾配の間で変化するが、土石流発生時に確実に土石流を捕捉できる勾配を計画堆砂勾配と定義する。

計画堆砂勾配は一般に既往実績等によりえん堤地点の現溪床勾配の $1/2$ から $2/3$ の間の勾配とする。ただし計画堆砂勾配 (i_2) は $1/6$ の勾配 ($\tan \theta$) を上限とする。不透過型えん堤の平常時堆砂勾配は既往実績を基に現溪床勾配の $1/2$ までとする。また、地質条件により堆砂勾配が緩勾配になることが知られている場合は既往実績によって地域別に決定する。

透過型砂防えん堤の平常時堆砂面はスリット底を基点とし、不透過型えん堤と同じ堆砂勾配で形成されるものとする。土石流時は閉塞し、その後は不透過型と同じ機能となるので、計画堆砂勾配等は原則として不透過型と同じとする。

なお、不透過型砂防えん堤は原則捕捉量分のみを効果として見込む。

イ 計画土石流発生抑制量

計画土石流発生抑制量は、平常時堆砂面下に包含された移動可能土砂量として求める。

【解 説】

計画において移動可能土砂量が見込まれている場合には、平常時堆砂面が形成されることにより（これらは土石流となって流下することはない）、計画土石流発生抑制量として評価する。スリット底を現溪床付近とする透過型砂防えん堤の場合は、平常時は現溪床から変化しないので土石流発生抑制効果は無いものとする。スリット底が現溪床より高い場合は、スリット底を基点とする平常時堆砂面下に包含された移動可能土砂量を求め、計画土石流発生抑制量とする。

ウ 貯砂量

貯砂量は原則として、効果量として見込む。ただし、除石計画がなく除石を維持管理の一端として実施しない場合は見込めない。

【解 説】

えん堤においては、一度平常時堆砂勾配まで満砂すると除石を行わない限り、補足するこ

とはない為、原則として平常時堆砂勾配の貯砂量は除石を前提として効果量として見込むものとする。ただし、将来の除石工等の維持管理を計画していない場合は、効果量として見込めないものとする。

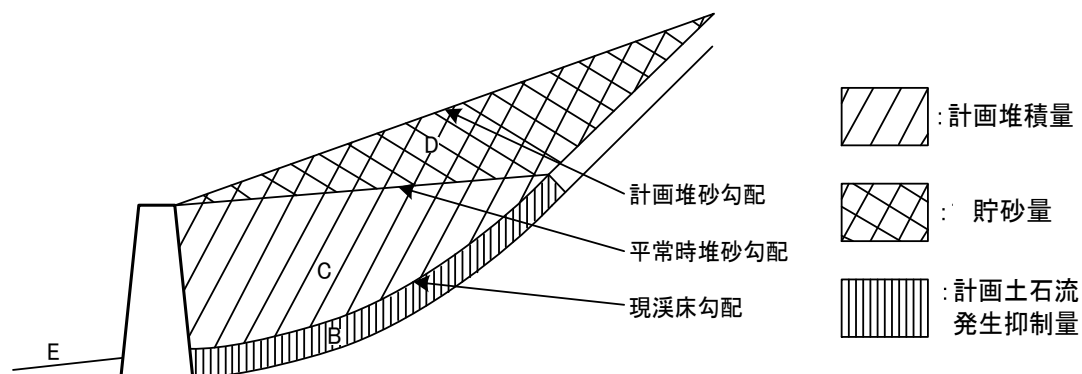


図 2-19 土石流対策施設の効果量

3) 溪床堆積土砂移動防止工

溪床堆積土砂移動防止工の効果量は、特別警戒区域を設定するための基礎調査において、溪床堆積土砂量として計上されている量をもとに、計画土石流発生抑制量として見込むものとする。

【解説】

溪床堆積土砂移動防止工の効果量は、計画土石流発生抑制量として算出する。

第3章 えん堤等の設計外力の設定

3-1 設計諸定数

(1) 土石流の力や高さの計算に用いる定数

土石流の力や高さの計算に用いる定数は、土石流に含まれる礫の密度、土石流に含まれる流水の密度、土石流に含まれる土石等の内部摩擦角、粗度係数、堆積土砂等の容積濃度がある。これらの値は、実況に応じて設定するものとする。

【解 説】

えん堤の設計に用いる土石流の力や高さの算定は、政令第4条に規定される方法を用いて行う。算定に用いる定数は対策施設の設置位置の実況に応じて設定するものとする。ただし、特別警戒区域の設定にあたって、県はこれらの定数の値を設定しており、これらの値を参考とすることができる。

また、この他に当該地付近で実施されている土石流対策工事や以下の関連の指針に示されている定数を参考とすることもできる。

【参 考】土石等の土質定数の推定

表 3-1 土質定数など

項 目	記 号	単 位	参 考 値
土石流に含まれる礫の密度	σ	t/m ³	2.6
土石流に含まれる流水の密度	ρ	t/m ³	1.2
土石流に含まれる土石等の内部摩擦角	ϕ	°	30~40
粗度係数	n	—	0.1
堆積土石等の容積濃度	C _*	—	0.6

土砂災害防止法に基づく福島県版基礎調査の手引き（改訂版）（平成17年3月）第三編 2-2

原典：土石流対策技術指針（案）（平成12年7月）

現在のところ福島県においては十分な資料が存在しない。このため、県内の土石流対策工事においても原則として、上記「土石流対策技術指針(案)」(平成12年7月 建設省砂防部砂防課)の他「土木設計マニュアル [IV 砂防編]」(福島県土木部 平成16年7月)に記載されている一般値が採用されている。上表で内部摩擦角は30~40°となっているが、一般に密詰め状態の場合大きく、ゆる詰め状態の場合小さくなる。県内の土石流対策工事では一般

に平均値の 35° を用いている。

先に述べたように福島県においては十分な資料が存在しない。このため十分な資料が整うまでは、原則として上表の一般値を用いることとなる。

(土砂災害防止法に基づく福島県版基礎調査の手引き（改訂版）（平成 17 年 3 月）第三編 2・2)

表 3-2 土砂の水中における土質定数

種 別	状 態	単位重量 (kN/m^3)	水中の単位重量 (kN/m^3)	内部摩擦角 (度)	水中の内部摩擦角 (度) ϕ
砂 石	—	15.7~18.6	9.8~12.7	35~45	35
砂 利	—	15.7~19.6	9.8~11.8	30~40	30
炭がら	—	8.8~11.8	3.9~6.9	30~40	30
砂	しまったもの	16.7~19.6	9.8	35~40	30~35
	ややゆるいもの	15.7~18.6	8.8	30~35	25~30
	ゆるいもの	14.7~17.6	7.8	25~30	20~25
普通土	固いもの	16.7~18.6	9.8	25~35	20~30
	やや軟かいもの	15.7~17.6	7.8~9.8	20~30	15~25
	軟かいもの	14.7~16.7	5.9~8.8	15~25	10~20
粘 土	固いもの	15.7~18.6	5.9~8.8	20~30	10~20
	やや軟かいもの	14.7~17.7	4.9~7.8	10~20	0~10
	軟かいもの	19.2~16.7	3.9~6.9	0~10	0
シルト	固いもの	15.7~17.7	9.8	10~20	5~15
	軟かいもの	13.7~16.7	4.9~6.7	0	0

出典：社団法人全国治水砂防協会：改訂版 砂防設計公式集（マニュアル）（昭和 59 年 11 月）

(2) 基礎の支持力等の計算に用いる定数

えん堤及び床固の基礎の支持力等の計算に用いる定数は、地盤の許容支持力並びに基礎底面と地盤との間の摩擦係数及び付着力がある。これらの値は、実況に応じて設定するものとする。

【解 説】

えん堤の安定性の検討は、実況に応じて設定した定数により計算する。

また、この他に当該地付近で実施されている土石流対策工事や以下の関連の指針に示されている定数を参考とすることもできる。

【参 考】土石等の土質定数の推定

ア 地盤の許容支持力

表 3-3 地盤の許容支持力 (kN/m²)

岩 盤		砂 礫 盤	
区 分	許容支持力	区 分	許容支持力
硬 岩 (A)	5,886	岩 魂 玉 石	589
中 硬 岩 (B)	3,924	礫 層	392
軟 岩 (Ⅱ) (C _H)	1,962	砂 質 層	245
軟 岩 (Ⅰ) (C _M)	1,177	粘 土 層	98.1

出典：「土木設計マニュアル [Ⅳ 砂防編]」4-2-4 (福島県土木部 平成 16 年 7 月)

イ 基礎底面と地盤との間の摩擦係数と付着力

表 3-4 地盤のせん断強度 (kN/m²) 及び内部摩擦係数

岩 盤			砂 礫 盤		
区分	せん断強度	内部摩擦係数	区分	せん断強度	内部摩擦係数
硬 岩 (A)	2,943	1.2	岩 魂 玉 石	294	0.7
中 硬 岩 (B)	1,962	1.0	礫 層	98.1	0.6
軟 岩 (Ⅱ) (C _H)	981	0.8	砂 質 層	—	0.55
軟 岩 (Ⅰ) (C _M)	589	0.7	粘 土 層	—	0.45

出典：「土木設計マニュアル [Ⅳ 砂防編]」4-2-4 (福島県土木部 平成 16 年 7 月)

3-2 設計外力の設定

えん堤、床固の設計にあたっては、土圧、水圧、自重のほか、土石流の衝撃が作用する場合には当該対策施設に作用する土石流の力を考慮する。

なお、詳細は、「土石流対策技術指針（案）」によるものとする。

【解 説】

（１）土圧

えん堤等の設計にあたって考慮すべき土圧は、えん堤等に堆積する土砂の堆砂圧である。

（２）水圧

えん堤等の設計にあたって考慮すべき水圧は、えん堤等に貯水する流水の静水圧である。

（３）土石流の力

土石流を堆積させるための対策施設の設計にあたっては、土石流が発生した場合に生じる力（流体力）を考慮し、安定性の検討をしなければならない。土石流により作用する力と高さの概念を図 3-1 に示す。

なお、設計にあたっては当該溪流において実施された基礎調査の結果を参考にできる。

表 3-5 土石流の力と高さ

	解 説
土石流の力（ F_d ）	土石流により対策施設に作用すると想定される力
土石流の高さ（ h ）	土石流が対策施設に作用するときの高さ

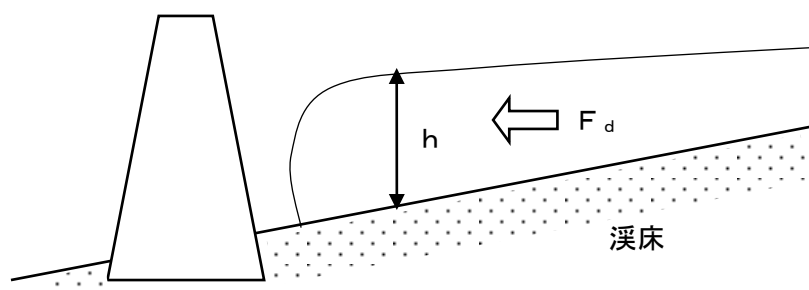


図 3-1 土石流の力の概念

1) 土石流の高さ

対策施設に作用する土石流の高さは、次式で与えられる。

$$h = \left(\frac{n \cdot Q_{sp}}{B(\sin \theta)^{1/2}} \right)^{3/5}$$

ここに、

h : 土石流の高さ (m)

n^{*1} : 粗度係数

Q_{sp}^{*2} : 土石流ピーク流量 (m³/sec)

B^{*3} : 土石流の幅 (m)

θ^{*4} : 土石流が流下する土地の勾配 (度)

*1 : 「3-1 設計諸定数」を参照。

*2 : 土石流ピーク流量は下記「ア 土石流ピーク流量」を参照。

*3 : 土石流の幅は下記「イ えん堤に作用する土石流の幅」を参照。

*4 : 土石流が流下する土地の勾配は下記「ウ 流下する溪床の勾配」を参照。

ア 土石流ピーク流量

土石流ピーク流量は、次式で与えられる。

$$Q_{sp} = \frac{0.01 \cdot C_* V'}{C_d}$$

ここに、

C_*^{*1} : 堆積土石等の容積濃度

V'^{*2} : 土石流により流下する土石等の量 (m³)

C_d^{*3} : 土石流の土砂濃度

*1 : 堆積土石等の容積濃度は、「3-1 設計諸定数」を参照。

*2 : 対象とする砂防えん堤等より上流において、移動可能土砂量 V_e' と運搬可能土砂量 V_{ec}' を計算し、小さい方を「対象とする砂防えん堤等」の地点における「土石流により流下する土石等の量」(V')とする。 V_{ec}' を計算する際、流域面積 A' は「対象とする砂防えん堤等」の上流域の流域面積とする。

*3 : 土石流の土砂濃度 C_d は、「対象とする砂防えん堤等」の計画地点における土砂濃度を用いる。

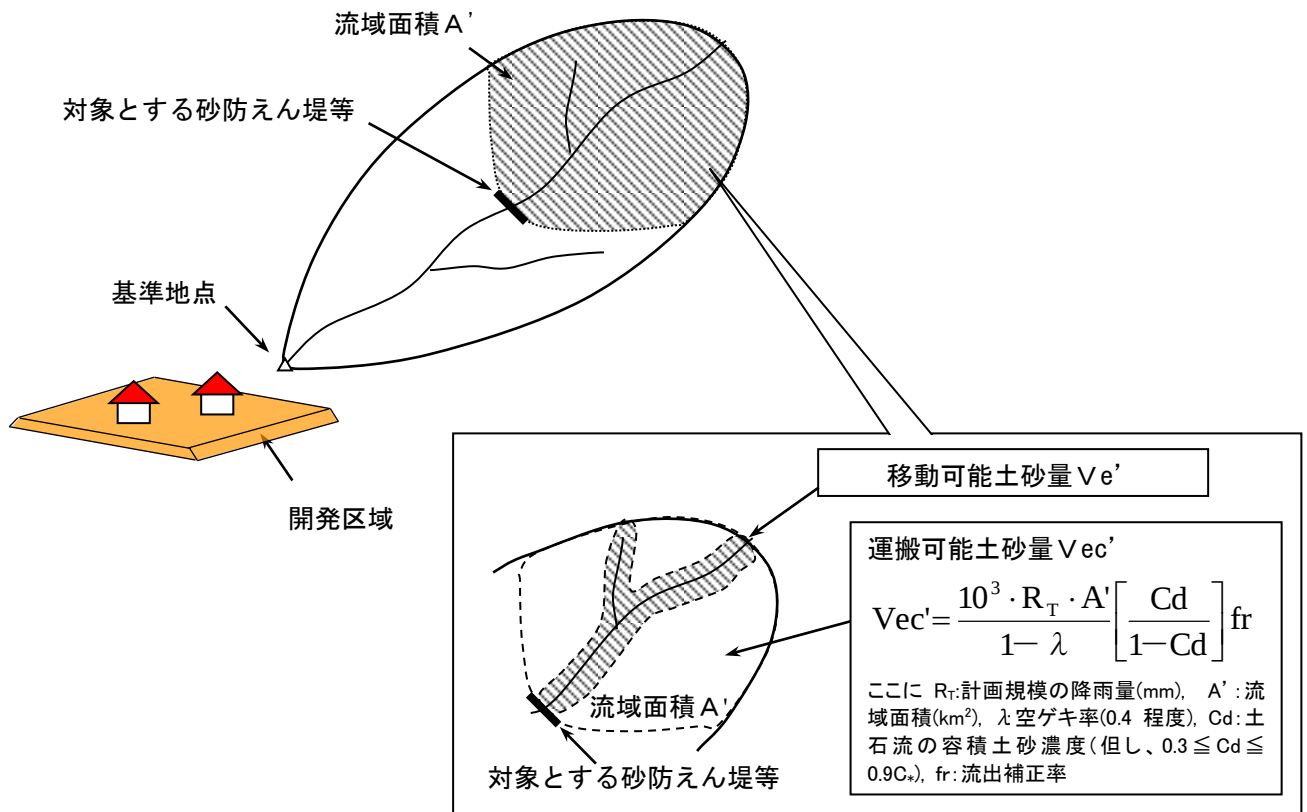


図 3-2 土石流ピーク流量の算出

イ えん堤に作用する土石流の幅

土石流流体力が対象とする砂防えん堤等に作用するときの土石流の幅 B は、以下の 1～3 による手法で設定するものとする。なお、土石流の幅は、えん堤直上流における土石流の幅とする。

土石流が流下する幅は、原則として現地調査を踏まえて設定する。

● 設定方法 1

現地調査により明確な流路や溪床との比高が確認でき、現況地形の横断面が土石流ピーク流量を通過させられる場合は、その横断面を参考にして設定する。

現地調査により土石流の流下幅の設定が困難な場合、以下のような方法が考えられる。

● 設定方法 2

地形図上で明確な流路や溪床との比高が確認でき、現況地形の横断面が土石流ピーク流量を通過させられる場合は、その横断面を参考にして設定する。なお、土石流が流下する幅は、設定方法 3 に記した式で算出される値を越えないものとする。

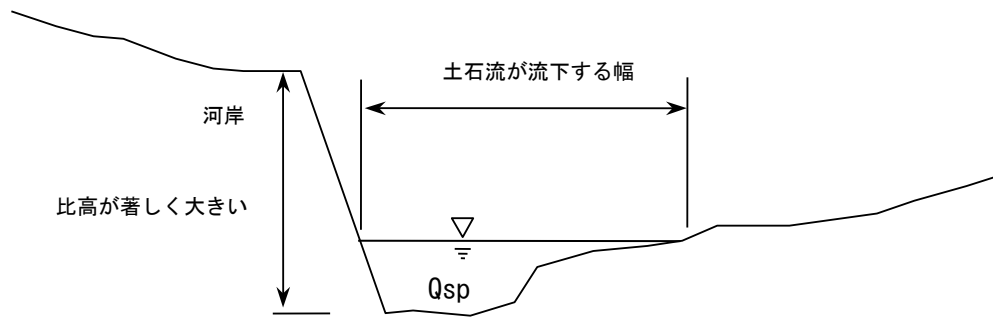


図 3-3 横断面とピーク流量の比較により区域を設定するイメージ

● 設定方法 3

扇状地形等で、明確な流路や溪床との比高が確認できない場合は、各横断面での土石流が流下する幅を、以下の式を用いて算出し、設定する。

$$B_i = 4\sqrt{Q_{spi}}$$

ここに、

B_i^{*1} : 土石流が流下する幅

Q_{spi} : 土石流ピーク流量

*1 : 詳細は、「土石流による家屋の被災範囲の設定方法に関する研究（国総研資料第 70 号）」を参照。

ウ 流下する溪床の勾配

土石流が流下する溪床の勾配 θ は、図 3-4 のとおりとする。

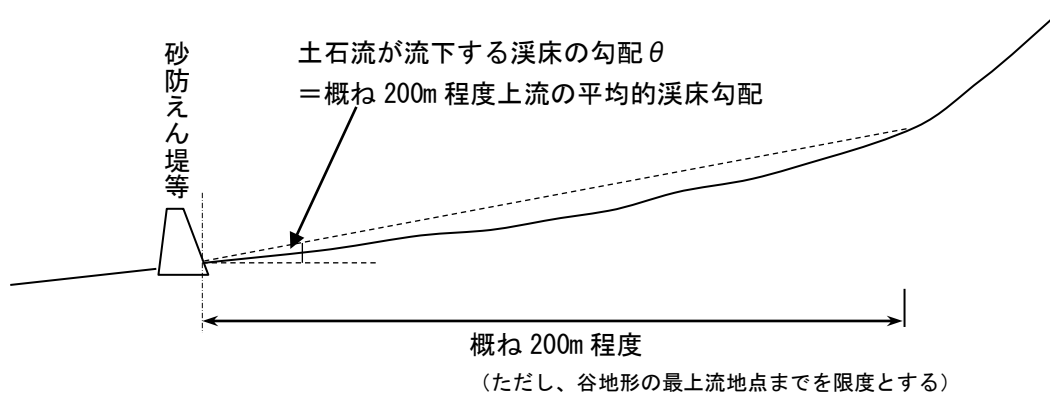


図 3-4 土石流が流下する溪床勾配

2) 土石流の力

対策施設に作用する土石流の力 F_d は、次式で与えられる。

$$F_d = \rho_d U^2$$

ここに、

F_d : 土石流により対策施設に作用すると想定される力の大きさ (kN/m²)

ρ_d : 次の式により計算した土石流の密度 (t/m³)

$$\rho_d = \frac{\rho \tan \phi}{\tan \phi - \tan \theta}$$

ここに、

ρ^{*1} : 土石流に含まれる流水の密度 (t/m³)

ϕ^{*1} : 土石流に含まれる土石等の内部摩擦角 (度)

θ^{*2} : 土石流が流下する土地の勾配 (度)

U : 次の式により計算した土石流の流速 (m/sec)

$$U = \frac{h^{2/3} (\sin \theta)^{1/2}}{n}$$

ここに、

h^{*2} : 土石流の高さ (m)

θ^{*2} : 土石流が流下する土地の勾配 (度)

n^{*1} : 粗度係数

*1 : 土石流に含まれる流水の密度及び土石等の内部摩擦角、粗度係数は、「3-1 設計諸定数」を参照。

*2 : 「1) 土石流の高さ」を参照。

3－3 砂防えん堤等の対策施設の効果評価に関する考え方

砂防えん堤等の対策施設の効果評価は、「土砂災害防止法に基づく福島県版基礎調査の手引き（改訂版）（平成 17 年 3 月）第三編 2-3-3」によるものとし、以下に示す。

土砂災害防止施設の効果は、施設効果量として施設毎に評価する。
施設効果量は、土石流対策技術指針（案）「建設省河川局砂防部(平成 12 年 7 月)」に従い算定する。

〔解説〕

（１） 効果を見込む項目

各施設毎の効果を見込む項目は表 2-3 に示す。

なお、土石流対策以外のえん堤工については原則として「満砂」とみなして運用する。

(2) 対策施設の効果評価

対策施設の効果量は、「土木設計マニュアル [IV 砂防編]」（福島県土木部 平成 16 年 7 月）にしたがい算定する。

算定手法は以下の通りである。

1) えん堤

①効果評価の手順

既存の砂防えん堤、治山施設等の対策施設の効果評価の手順は、図 3-5 の流れに沿って行い、表 3-6 の項目について効果量を評価する。また、不透過型えん堤で除石計画がない場合でも、堆砂状況等を適切に把握・管理している場合は、除石計画有とみなすことができる。

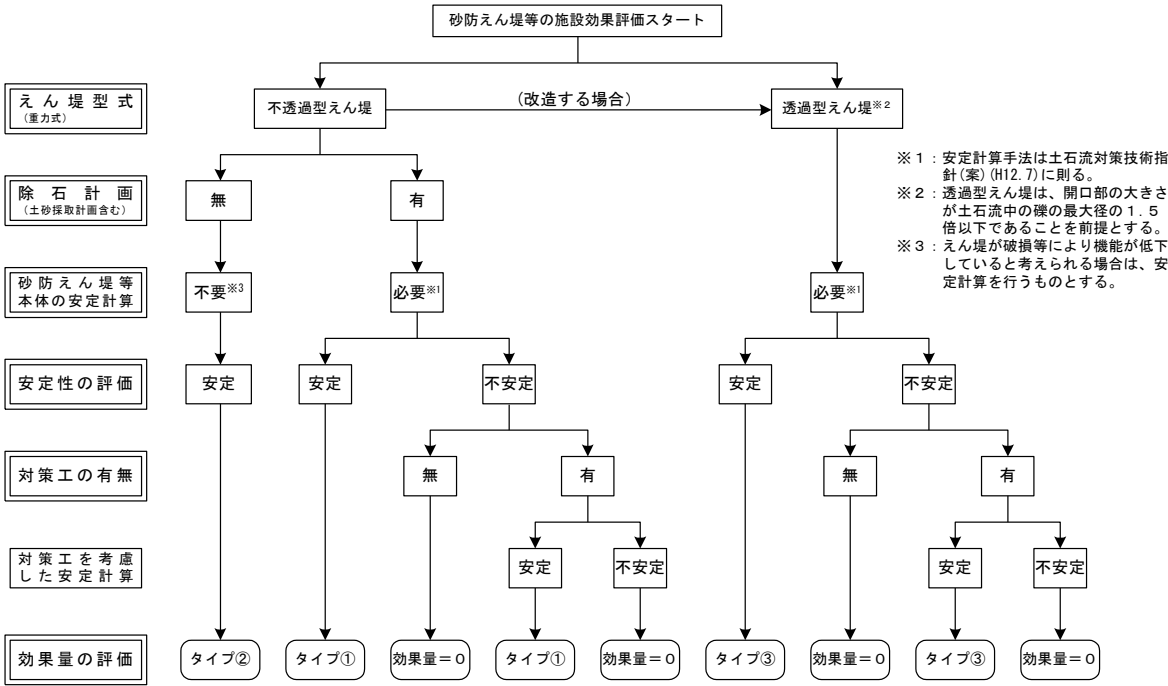


図 3-5 砂防えん堤等の対策施設効果評価フロー

表 3-6 砂防えん堤等の施設効果評価

えん堤の形式	効果量の 評価タイプ	効果量		
		計画捕捉量	発生抑制量	空容量(貯砂量)
不透過型	①	○	○	○
	②	○	○	
透過型	③	○	○	

※図 3-6～図 3-7 参照

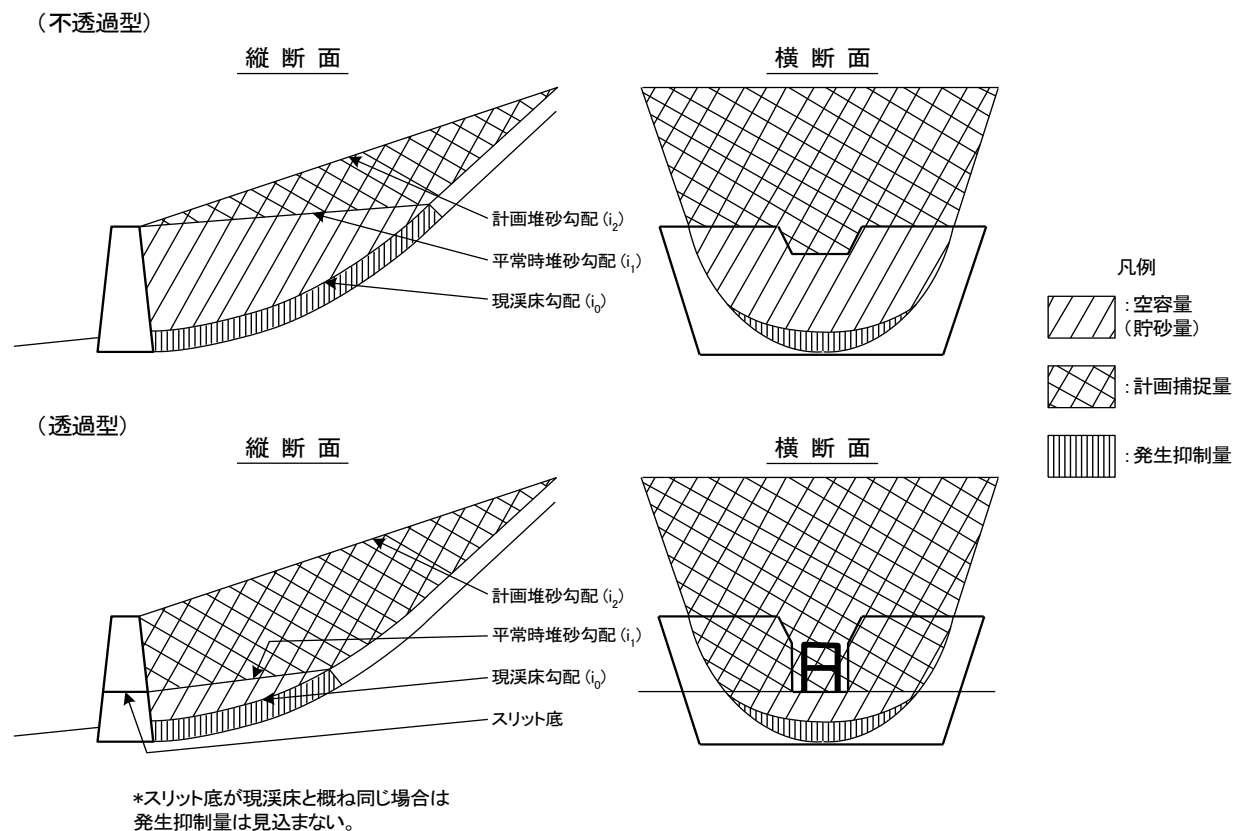


図 3-6 堆砂勾配及び計画捕捉量、発生抑制量

表 3-7 えん堤の効果量算出式一覧

諸元	記号	単位	計算式
平常時堆砂勾配	i_1	$\tan \theta$	$i_1 = \frac{1}{2} i_0$
洪水時堆砂勾配	i_2	$\tan \theta$	$i_2 = \frac{2}{3} i_0$
未満砂高	ΔH	m	
現況堆砂長	L_0	m	
計画堆砂長 (平常時)	L	m	$L = \frac{2H}{i_0}$
現況堆砂量	V_0	m^3	$V_0 = 0.25(B_0 + B_1)(H - \Delta H) \cdot L_0$
計画堆砂量 (平常時)	V	m^3	$V = 0.5(B_0 + B_2) \frac{H^2}{i_0}$
未満砂量	ΔV	m^3	$\Delta V = V - V_0$
捕捉量	C	m^3	$\frac{1}{2} V$
発生抑制量 (不透過型)	B_1	m^3	$B_1 = W \cdot D \cdot L$
発生抑制量 (部分透過型)	B_2	m^3	$B_2 = W \cdot D \cdot L'$

2) 床固工・溪流保全工・床固工群・低ダム群

表 3-8 床固工・溪流保全工・床固工群・低ダム群の効果量算出式一覧

諸元	記号	単位	計算式
効果延長	L''	m	
溪床幅	W'	m	
抑制厚	D'	m	
単位堆積土砂量	Ae'	m^3	$A_e = W' \cdot D'$
発生抑制量	B_3	m^3	$B_3 = L'' \cdot A_e$

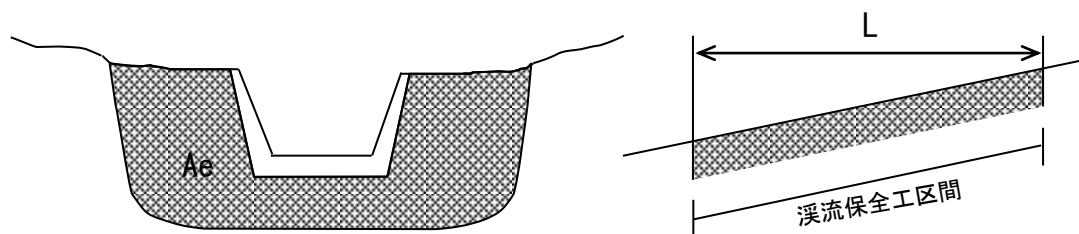


図 3-8 溪床堆積土砂移動防止工の効果量（溪流保全工）

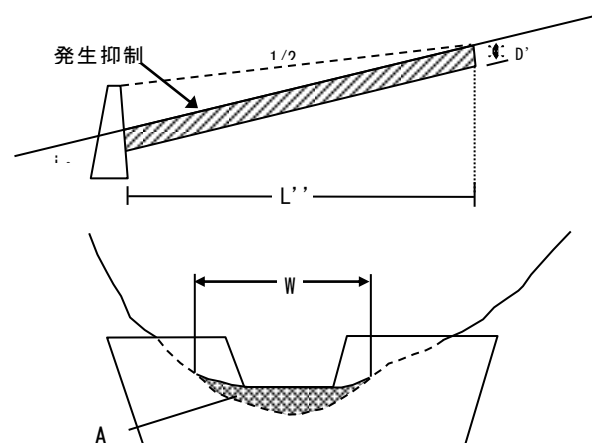


図 3-9 溪床堆積土砂移動防止工の効果量（床固工）

3) 山腹工

山腹工の効果量は以下のように考える。

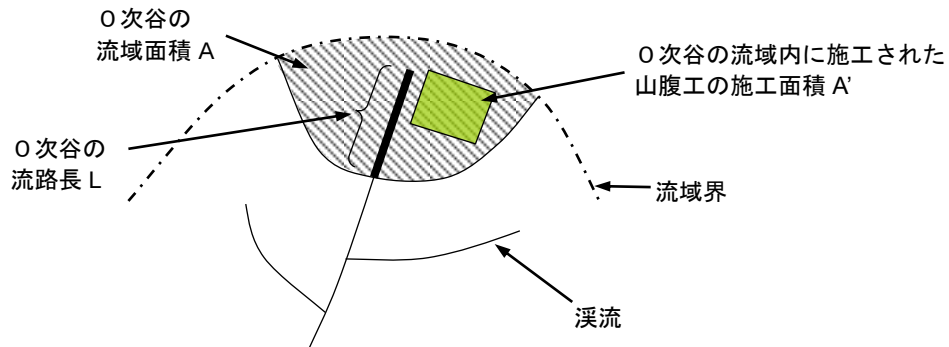


図 3-10 山腹工の効果量を算出する方法

$A : A' = L : L'$ (山腹工の効果量を算出するための流路長)

$$L' = L \times A' / A$$

以上より求めた L' に、0次谷の単位長さあたりの溪床堆積土砂量 (Ae') を乗じて効果量を算出する。

$$\text{山腹工の発生抑制量 (m}^3\text{)} = Ae' \text{ (m}^3\text{/m)} \times L' \text{ (m)}$$

(3) 留意点

基準地点下流の対策施設は地形条件とする。

導流堤及び土砂処理以外を目的とした人工構造物（カルバート・道路路体盛土・鉄道盛土・ため池等）は、その位置に関わらず地形条件とする。

第4章 山腹工の設計

荒廃した山腹の表土の風化その他の侵食を防止し、当該山腹の安全性を向上させる機能を有するものであること。

なお、山腹工の設計にあたっては、「河川砂防技術基準（案）同解説 設計編Ⅱ」等によるものとする。

【解 説】

山腹工とは、とくしや地あるいは崩壊地に、構造物と植生を適切に組み合わせた施工を行うことで、表土の風化、侵食、崩壊の拡大を防止して、土砂生産の抑制を図ることを目的とするものである。山腹工の工種は、その目的から山腹基礎工、山腹緑化工に大別される。

山腹工の設計にあたっては、「河川砂防技術基準（案）同解説 設計編Ⅱ」等によるものとする。

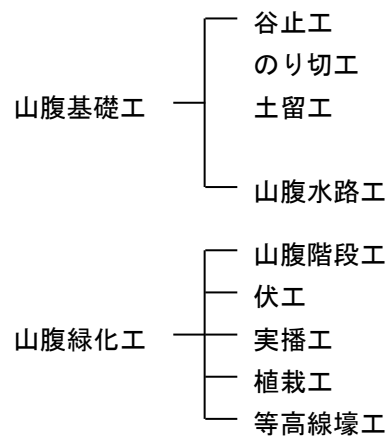


図 4-1 山腹保全工の体系図

第5章 えん堤の設計

えん堤の設計にあたっては、土圧、水圧、自重及び土石流により当該えん堤に作用する力を考慮して、損壊、転倒、滑動又は沈下をしない構造とすること。

5－1 土石流捕捉工

土石流捕捉工の設計は、「土石流対策技術指針（案）」によるものとする。

【解 説】

土石流捕捉工は、不透過型えん堤と透過型えん堤に大別される。両型式に共通する機能としては以下がある。

- ①土石流を捕捉し、流出する土砂量を減少させる。
- ②土石流発生から扇状地に流出するまでの時間を長くする。
- ③渓床堆積物の移動を防止する。
- ④土石流先端部の巨礫・流木を捕捉する。
- ⑤土石流を土砂流に変化させる。
- ⑥土石流ピーク流量を減少させる。

透過型えん堤では以上のほかに中小の出水で堆砂することなく次の土石流に対して貯砂容量を維持することが期待される。

土石流捕捉工の設計は、一般に図 5-1 の手順で行われる。

設計対象流量は「3-2 設計外力の設定」に基づき、対象施設の計画地点における土石流ピーク流量を算定する。

その他、設計にあたっての詳細は、「土石流対策技術指針（案）」によるものとする。

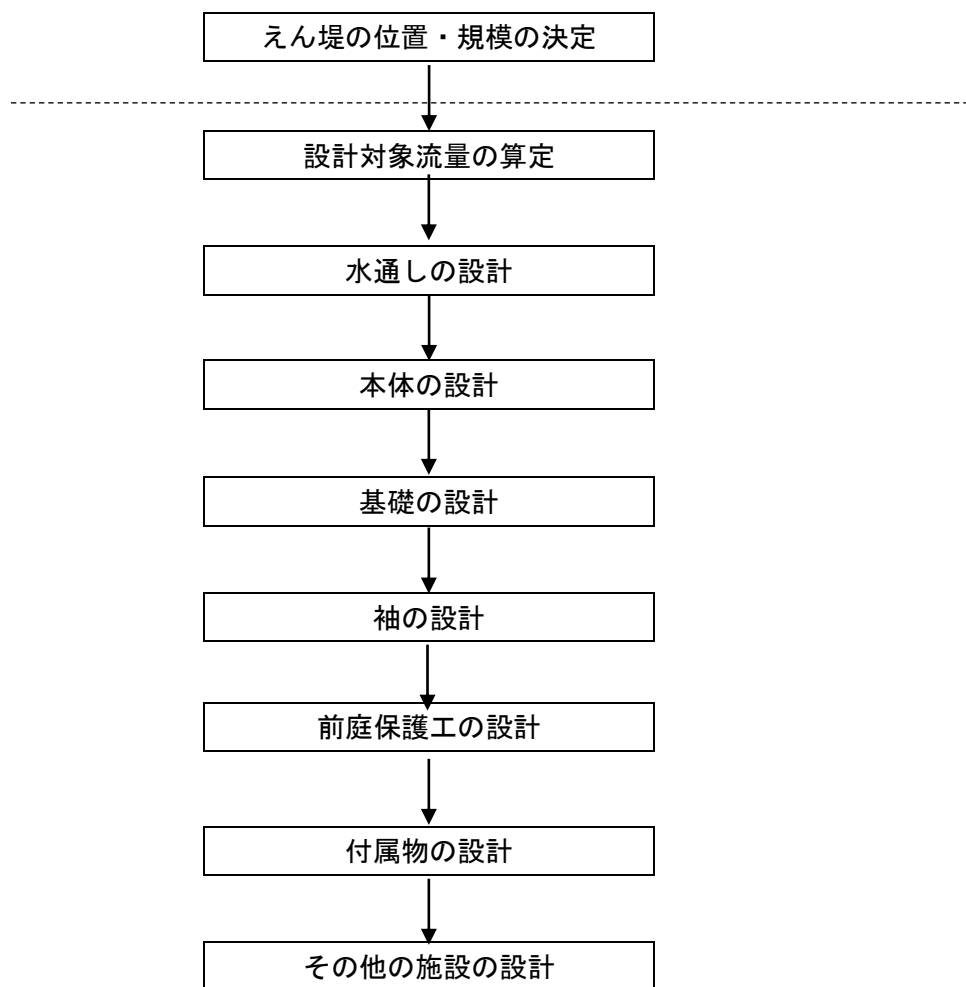


図 5-1 設計の手順

5－2 土石流堆積工

土石流堆積工の設計は、「土石流対策技術指針（案）」によるものとする。

【解 説】

土石流を積極的に堆積させる土石流堆積工には、土石流堆積流路と土石流分散堆積地の 2 種類があり、土砂堆積後における除石の実施を前提としている。

土石流堆積流路とは、土石流導流工の縦断勾配を緩和及び流路断面を拡幅して土石流の流動性を低下させて、流路工内に積極的に土石流を堆積させるものである。

土石流分散堆積地とは、扇状地地形を掘り込んで、土石流を堆積させる空間を設けるもので、上下流端には床固又はえん堤を配置する。下流は流末処理のための土石流導流工に接続する。堆積効果増大のために、中間に床固を設置することがある。また、必要に応じ護岸工、護床工を設置する。

（１）土石流堆積流路

流路に土石流を積極的に堆積させるために、流路勾配の緩和、流路断面の拡幅により、土砂輸送能力を低下させる。ただし、土石流発生以前の常時の流量において土砂が堆積するようでは、土石流発生時での堆積容量が減少する。従って、常時の流出土砂量（土砂混入濃度）を想定し、これが堆積しない程度まで流路勾配を緩くするものとする。

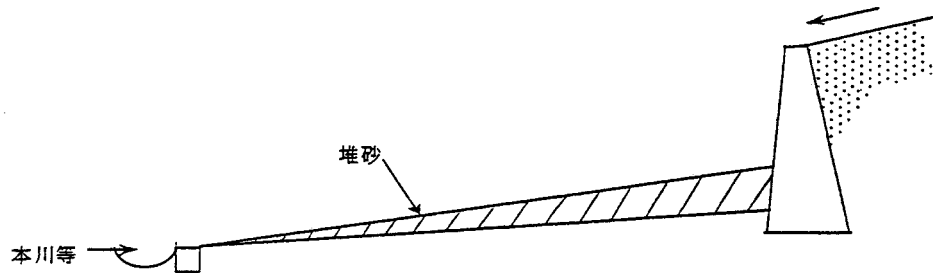


図 5-2 土石流堆積流路

(2) 土石流分散堆積地

1) 形状

土石流分散堆積地の形状は土石流の流動性および地形の特性を把握し適切な形状とする。

過去の土石流の規模、流下・氾濫特性、類似溪流の発生事例を基に分散堆積地の形状を定める。土石流の流動性が低く、溪床勾配が急勾配なほど土石流は拡散しにくいので、分散堆積地の形状は細長い形状とする。土石流及び溪床勾配の特性が逆の場合は、巾広の形状とする。

2) 計画堆砂勾配

土石流分散堆積地の計画堆砂勾配は現溪床勾配の $1/2 \sim 2/3$ の勾配を基準とする。

3) 計画堆砂量

土石流分散堆積地の計画堆砂量は計画堆砂勾配で堆砂した状態について求める。

4) 構造

土石流分散堆積地の上、下流端にはえん堤または床固を設け、堆砂区間には必要に応じて護岸、床固を設ける。上流端砂防えん堤（床固工）は堆積地勾配を緩和するために掘り込み形式とするので、上流端の現溪床との落差を確保するために設置する。下流端えん堤は拡散した流れを制御し河道にスムーズに戻す機能を持つ。堆積容量を増大するために堆積部に床固を設置することがある。土石流分散堆積地の幅（ W_2 ）は上流部流路幅（ W_1 ）の 5 倍程度以内を目安とする。

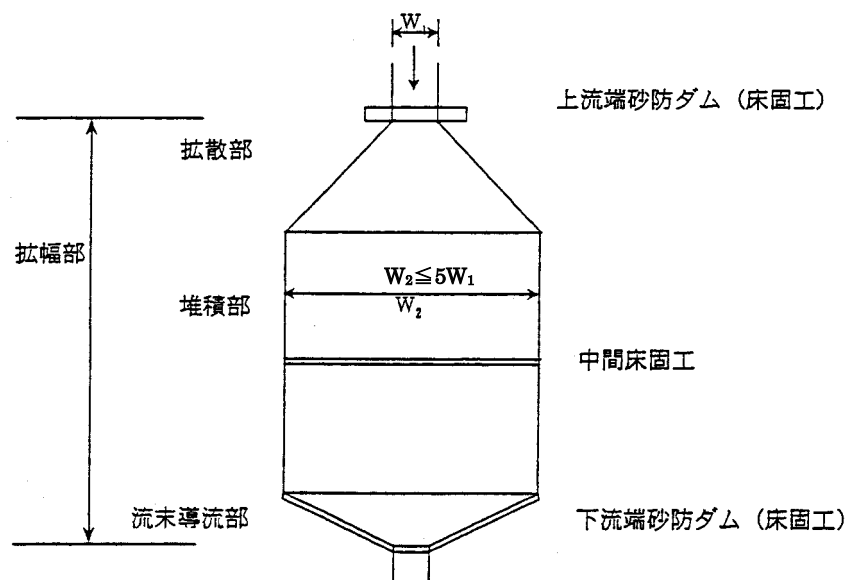


図 5-3 土石流分散堆積地

第6章 床固の設計

床固（溪床堆積土砂移動防止工）の設計は、「土石流対策技術指針（案）」及び福島県「土木設計マニュアル〔砂防編〕（平成16年7月）」によるものとする。

【解 説】

床固では、上流側を天端まで埋戻し土石流衝撃力を直接受けない構造とする。また、袖部の上流側についても土砂を盛る等の処置を行い土石流による破壊を避けるものとする。このため、設計外力は土石流の力（衝撃力）を考慮せず、静水圧のみを対象とする。

その他の設計は、コンクリート製では不透過型砂防えん堤に準ずる。詳細は、「土石流対策技術指針（案）」によるものとする。

第7章 土石流を開発区域外に導流させるための施設の設計

土石流を開発区域外に導流させるための施設は、土石等を安全に導流させることができる断面及び勾配を有するものとする。

設計は、「土石流対策技術指針（案）」によるものとする。

【解 説】

土石流を開発区域外に導流させるための施設としては、土石流導流工と土石流流向制御工がある。

7-1 土石流導流工

(1) 流下断面

土石流導流工の断面は、土石流の流量、水深を考慮し、これに余裕高を加えたものとする。なお、土砂の堆積遡上により氾濫しないように注意する。

【解 説】

土石流導流工は、安全な場所まで土石流を導流するよう、土石流捕捉工のえん堤を1基以上設けた後、または土石流堆積工を設けた後、それらに接続するよう計画する。

計画流量は、溪流全体の施設計画において施設により整備される土砂量の土石流により流下する土石等の量に対する比だけ土石流ピーク流量が減少すると仮定して決定する。ただし、降雨量から求められる水のみ計画流量に10%の土砂含有を加えた流量を下まわらないものとする。

土石流導流工の幅は、土石流の最大礫径の2倍以上、または原則として3m以上とする。なお、計画の土石流が上流域で十分処理される場合は通常の流路工（「河川砂防技術基準（案）計画編 第13章第6節」）を計画するものとする。

余裕高は次の通りとする。

流量	200m ³ /s 以下	200～500m ³ /s
余裕高（△H）	0.6m	0.8m

ただし、河床勾配による次の値以下にならないようにする。

勾配	$\Delta H/H$
1/10 以上	0.5
1/10～1/30	0.4
1/30～1/50	0.3

ここで、H：水深である。

(2) 法線形

土石流導流工の法線形はできるかぎり直線とする。

【解 説】

土石流は直進性をもっているため、導流工の法線形は直線とするのが望ましい。地形及び土地利用等の理由によりやむを得ず屈曲させる場合は円曲線を挿入するものとする。その湾曲部曲率半径は下記の式で求め、中心角 30°以下とする。

$$b/r \text{ (in)} \leq 0.1$$

ここに、

b：流路幅

r (in)：湾曲部曲率半径

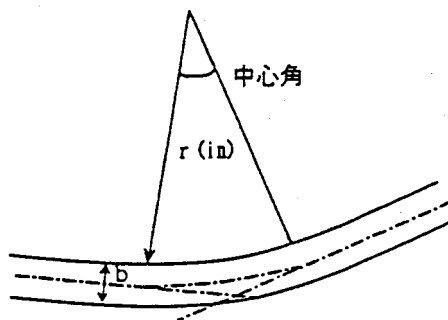


図 7-1 土石流導流工屈曲部の法線形

(3) 縦断形

土石流導流工の縦断形は、急な勾配変化をさける。なお、土砂の堆積遡上が予想される場合は、これに対して安全な構造とする。

(4) 構造

溪床は掘込み方式を原則とする。

湾曲部では外湾部の水位上昇を考慮して護岸の高さを決定する。

【解 説】

理論値、実測値、実験結果等により水位上昇を推定し、これを安全に流せる構造とする。土石流では、外湾の最高水位 $h(\text{out})_{\text{max}}$ は $h_0 + 10bu^2/rg$ にもなることがあるが、一般に土石流導流工や流路工が施工される扇状地では、土石流及び清流での水位上昇はそれぞれ下式

により求める。

$$\text{土石流：} h(out)_{\max} = h_0 + 2 \frac{bu^2}{rg}$$

$$\text{清流（射流）：} h(out)_{\max} = h_0 + \frac{bu^2}{rg}$$

ここに、

h_0 ：直線部での水深（m）

b ：流路幅（m）

u ：平均流速（m/s）

r ：水路中央の曲率半径（m）

g ：重力加速度（m/s²）（ $g=9.8$ ）

7-2 土石流流向制御工

土石流導流堤等により土石流の流向を制御するもので、越流を生じない十分な高さとするとともに、表のり先の洗掘に注意する。

設計は、「土石流対策技術指針（案）」によるものとする。

【解 説】

（１）導流堤の法線形状

流向制御工の法線は土石流直撃による越流を防止するために、流れに対する角度（ θ ）は $\theta < 45^\circ$ とする。土石流の流向を 45° 以上変更する場合、および保全対象の分布が広く導流堤が長くなる場合は導流堤を複数に分割し、霞堤方式に配置する。

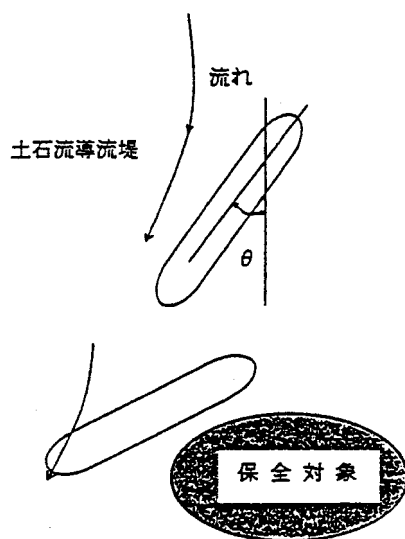


図 7-2 土石流導流堤の法線と高さ

（２）導流堤の高さ

流向制御工の天端は原則として現溪床勾配と平行とする。高さは土石流の高さに余裕高を加えたものとする。

土石流の速度及び高さは「3-2 設計外力の設定」に従い求める。

（３）導流堤の法面保護および法先の洗掘対策

導流堤の表法はコンクリート、石積み、コンクリートブロック積み、鋼矢板等による護岸により土石流の浸食から防護する。法先は護岸工の根入れ、コンクリートブロック等による根固め工、及び根固水制工等により洗掘に対して安全な構造とする。

第 8 章 高さ 2 m を超える擁壁の設計

施行令

(対策工事等の計画の技術的基準)

第 7 条 法第 11 条の政令で定める技術的基準は、次のとおりとする。

- 一 一 略 一
- 二 一 略 一
- 三 一 略 一
- 四 一 略 一
- 五 一 略 一

六 対策工事の計画及び対策工事以外の特定開発行為に関する工事の計画において定める高さが 2 メートルを超える擁壁については、建築基準法施行令（昭和 25 年政令第 338 号）第 142 条（同令第 7 章の 8 の準用に関する部分を除く。）に定めるところによるものであること。

建築基準法施行令

(擁壁)

第 142 条 第 138 条第 1 項第 5 号に掲げる擁壁については、第 36 条の 2 から第 39 条まで、第 51 条第 1 項、第 62 条、第 71 条第 1 項、第 72 条、第 73 条第 1 項、第 74 条、第 75 条、第 79 条、第 3 章第 7 節（第 51 条第 1 項、第 62 条、第 71 条第 1 項、第 72 条、第 74 条及び第 75 条の準用に関する部分に限る。）、第 80 条の 2、第 7 章の 8（第 136 条の 6 を除く。）及び第 139 条第 3 項の規定を準用するほか、次の各号のいずれかに適合するものとしなければならない。

- 一 その構造が、次に定めるところによること。
 - イ 鉄筋コンクリート造、石造その他これらに類する腐らない材料を用いた構造とすること。
 - ロ 石造の擁壁は、裏込めにコンクリートを用い、石と石とを十分に結合すること。
 - ハ 擁壁の裏面の排水をよくするために水抜穴を設け、擁壁の裏面で水抜穴の周辺に砂利等を詰めること。
- 二 擁壁の構造が、その破壊及び転倒を防止することができるものとして国土交通大臣が定めた構造方法を用いるものであること。

(煙突及び煙突の支線)

第 139 条 第 138 条第 1 項第 1 号に掲げる煙突については、第 36 条の 2 から第 39 条まで、第 51 条第 1 項、第 52 条、第 3 章第 5 節（第 70 条を除く。）、第 6 節（第 76 条から第 78 条の 2 までを除く。）、第 6 節の 2（第 79 条の 4 の規定中第 76 条から第 78 条の 2 までの準用に関する部分を除く。）及び第 7 節（第 51 条第 1 項、第 71 条、

第 72 条、第 74 条及び第 75 条の準用に関する部分に限る。)、第 80 条の 2、第 115 条第 1 項第 6 号及び第 7 号、第 5 章の 4 第 3 節並びに第 7 章の 8 の規定を準用するほか、次の各号のいずれかに適合するものとしなければならない。

一 一 略 一

二 一 略 一

2 一 略 一

3 第 1 項に掲げるものは、国土交通大臣が定める基準に従った構造計算によつて自重、積載荷重、積雪、風圧、土圧及び水圧並びに地震その他の震動及び衝撃に対して構造耐力上安全であることが確かめられたものとしなければならない。

平成12年5月31日建設省告示第1449号

煙突、鉄筋コンクリート造の柱等、広告塔又は高架水槽等及び
擁壁並びに乗用エレベーター又はエスカレーターの構造耐力上
の安全性を確かめるための構造計算の基準を定める件

最終改正 平成12年12月26日建設省告示第2465号

建築基準法施行令（昭和25年政令第338号）第139条第3項（同令第140条、第141条第2項、第142条及び第143条において準用する場合を含む。）の規定に基づき、煙突、鉄筋コンクリート造の柱等、広告塔又は高架水槽等及び擁壁並びに乗用エレベーター又はエスカレーターの構造耐力上の安全性を確かめるための構造計算の基準を次のように定める。

第 1 一 略 一

第 2 一 略 一

第 3 令第 138 条第 1 項第 5 号に掲げる擁壁の構造計算の基準は、宅地造成等規制法施行令（昭和 37 年政令第 16 号）第 7 条に定めるとおりとする。ただし、次の各号のいずれかに該当する場合にあっては、この限りでない。

一 宅地造成等規制法施行令第 5 条第 1 項各号の一に該当するがけ面に設ける擁壁

二 土質試験等に基づき地盤の安定計算をした結果がけの安全を保つために擁壁の設置が必要でないことが確かめられたがけ面に設ける擁壁

三 宅地造成等規制法施行令第 8 条に定める練積み造の擁壁の構造方法に適合する擁壁

四 宅地造成等規制法施行令第 15 条の規定に基づき、同令第 6 条から第 10 条までの規定による擁壁と同等以上の効力があると国土交通大臣が認める擁壁

宅地造成等規制法施行令

（鉄筋コンクリート造等の擁壁の構造）

第 7 条 第 5 条の規定により設置する鉄筋コンクリート造又は無筋コンクリート造の擁壁の構造は、構造計算によつて次の各号に該当することを確認したもの

ければならない。

- 一 土圧、水圧及び自重（以下「土圧等」という。）によつて擁壁が破壊されないこと。
- 二 土圧等によつて擁壁が転倒しないこと。
- 三 土圧等によつて擁壁の基礎がすべらないこと。
- 四 土圧等によつて擁壁が沈下しないこと。

2 前項の構造計算は、次の各号に定めるところによらなければならない。

- 一 土圧等によつて擁壁の各部に生ずる応力度が、擁壁の材料である鋼材又はコンクリートの許容応力度を超えないことを確かめること。
- 二 土圧等による擁壁の転倒モーメントが擁壁の安定モーメントの 3 分の 2 以下であることを確かめること。
- 三 土圧等による擁壁の基礎のすべり出す力が擁壁の基礎の地盤に対する最大摩擦抵抗 force その他の抵抗力の 3 分の 2 以下であることを確かめること。
- 四 土圧等によつて擁壁の地盤に生ずる応力度が当該地盤の許容応力度を超えないことを確かめること。ただし、基礎ぐいを用いた場合には、土圧等によつて基礎ぐいに生ずる応力が基礎ぐいの許容支持力を超えないことを確かめること。

3 前項の構造計算に必要な数値は、次の各号に定めるところによらなければならない。

- 一 土圧等については、実況に応じて計算された数値。ただし、盛土の場合の土圧については、盛土の土質に応じ別表第 2 の単位体積重量及び土圧係数を用いて計算された数値を用いることができる。
- 二 鋼材、コンクリート及び地盤の許容応力度並びに基礎ぐいの許容支持力については、建築基準法施行令（昭和 25 年政令第 338 号）第 90 条（表 1 を除く。）、第 91 条、第 93 条及び第 94 条中長期に生ずる力に対する許容応力度及び許容支持力に関する部分の例により計算された数値
- 三 擁壁の基礎の地盤に対する最大摩擦抵抗 force その他の抵抗力については、実況に応じて計算された数値。ただし、その地盤の土質に応じ別表第 3 の摩擦係数を用いて計算された数値を用いることができる。

【解 説】

政令第 7 条第 1 項第 6 号には、対策工事の計画及び対策工事以外の特定開発行為に関する工事の計画において定める高さが 2m を超える擁壁は、建築基準法施行令第 142 条の規定に従うようになっている。建築基準法施行令第 142 条では、同令第 139 条第 3 項の規定を準用することが記述されており、その内容は国土交通大臣が定める基準に従った構造計算により擁壁の構造耐力上の安全性を確かめることになっている。国土交通大臣が定める基準は、宅地造成等規制法施行令第 7 条に定めるとおりにすることが、平成 12 年建設

省告示において示されている。

このことから、土砂災害防止法における特定開発行為において、高さ 2m を超える擁壁を設置する場合には、宅地造成等規制法施行令に準拠した計画、設計を行うことが必要となる。

擁壁の設計にあたって用いる設計外力等は関連指針によって土質定数や摩擦係数が異なるため、各基準によって設計した擁壁の規模にも差異が生じることになるが、宅地造成等規制法施行令第 7 条の基準以外で設計した場合は、法律に違反することになるため、特定開発行為の許可を下ろすことはできない。

詳細は、「宅地防災マニュアル」を参照すること。

第9章 特別警戒区域の範囲を変更する対策工事等の取扱い

(1) 対象となる地形改変

特定開発行為における対策工事等によって、特別警戒区域の範囲が消滅もしくは変更になる可能性がある場合は、特定開発行為に関する申請者において、その真偽を確かめるものとする。

【解 説】

特定開発行為における対策工事等の計画によっては、谷を埋めるような場合も想定できる。この場合、特別警戒区域の範囲が消滅したり、変更になることが予想されるが、これは特定開発行為の一環として人為的に生じるものであるため、開発者（申請者）の責任において、土砂災害の発生のおそれのある範囲を確かめ、それに対する対策工事等を計画するものとする。なお、対策工事等の終了後には、速やかに県が基礎調査を実施して、指定の解除や変更を行うこととなる。

特別警戒区域の範囲が変わることが予想される溪流における地形改変の具体例は、図 9-1 のとおりである。基準地点が上流に移動するに伴って流域面積が減少し、土石流により流下する土石等の量が減少することにより特別警戒区域が狭まる事例である。

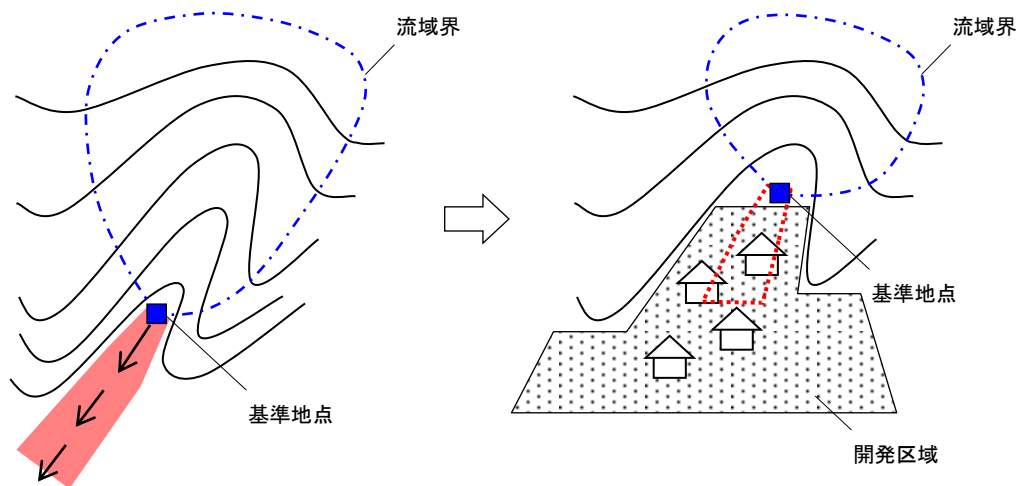


図 9-1 特別警戒区域の範囲が変わる地形改変の具体例

（２）土砂災害が発生するおそれのある範囲の確認方法

特定開発行為に伴う土砂災害の発生のおそれのある範囲の確認にあたっては、「土砂災害防止法に基づく福島県版基礎調査の手引き（改訂版）（平成17年３月）」に基づいて行うものとする。

【解 説】

地形改変を伴う特定開発行為においては、土砂災害のおそれのある範囲を確認することを申請者に義務付けることになる。この確認方法は、「土砂災害防止法に基づく福島県版基礎調査の手引き（改訂版）（平成 17 年 3 月）」に従って、特別警戒区域の設定と同等の調査を行うものとする。ただし、調査にあたっては、県で従前に特別警戒区域を設定した結果等を参考にすることができる。

申請者は調査結果に基づき、土砂災害の発生のおそれがないように対策工事等の計画を行うことになる。

【巻末参考資料】

- ① 対策工事の種類と適用について
- ② 対策工事の計画例
- ③ 審査チェックリスト

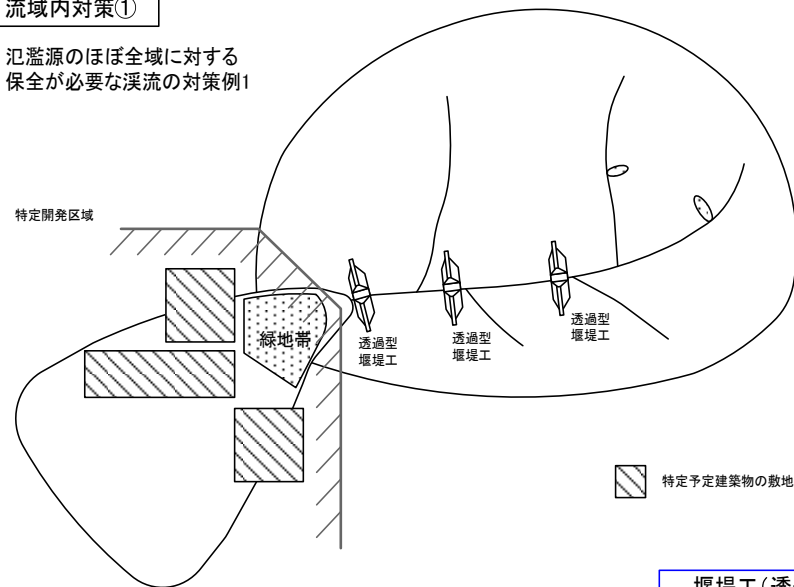
① 対策工事の種類と適用について

開発敷地の位置と流域や氾濫源との関係による対策工事のパターン

流域内対策	堰堤工	土石流捕捉工（透過型）	①	・計画流出土砂量が多い。 ・土石流流出時には巨礫の流下が予測される。 ・人工林が多い流域で流木対策が予測される。	中小出水時の土砂流出は許容し土石流のみ捕捉するため、流域内対策としてもっとも効率がよい。
		土石流捕捉工（不透過型）	②	・扇頂部まで開発が及ぶ可能性が高い流域で、扇状地部の対策が困難。 ・マサ土等、細粒物質の流出でも被害が出るおそれがある。	保全対象直上の施設で空容量が確保されている場合は確実に土石流を捕捉することができるため、安全性が高い。
	床固工 山腹工	土石流発生抑制山腹工	③	・流域内の特定箇所からのみ土砂生産が顕著。	発生源を直接、抑えられるため、土石流の発生抑止効果が大きい。
		溪床堆積土砂移動防止工	④	・支溪が少なく、本川溪床に厚い不安定土砂が存在する。	
氾濫原対策	導流施設	土石流導流工 （堰堤工＋導流工または、 堆積工＋導流工）	①	・流路の拡幅が可能。 ・直接本川への土砂排出が可能。	
		土石流流向制御工	②	・広い扇状地や氾濫原上で、一部の区域のみ保全することが目的。	必要最小限度の施設で土石流の危険性を回避できる。
	盛土	流向制御工＋盛土工	③	・計画流出土砂量が多く、流域内では多数の施設が必要。 ・一部の開発地のみの保全が目的。 ・流向制御工のみでは安全性が不足。	洪水氾濫等の被害が予想される区域について、安全性が高まることが予想される。
		盛土工＋開渠工	④	・比較的緩勾配の氾濫原や扇状地部全体の安全性を確保する。	地盤高をあげるため、広い範囲の安全性が一度に確保される。

流域内対策①

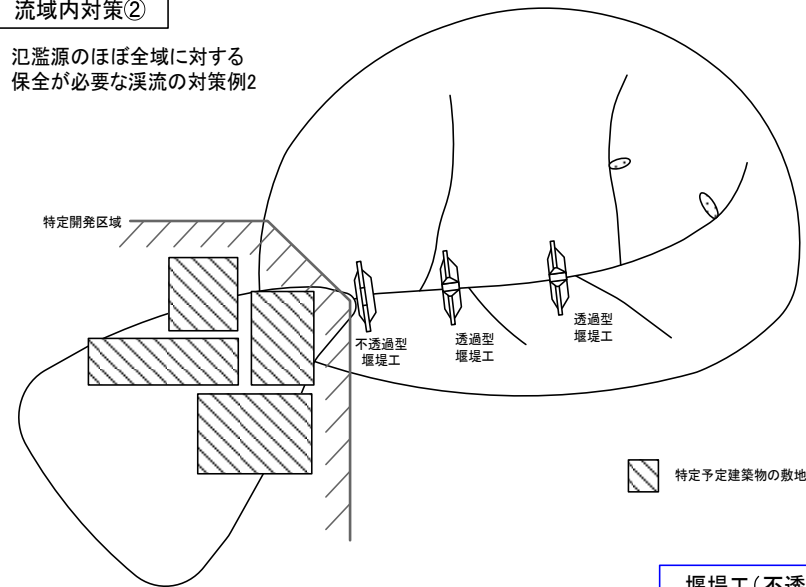
氾濫源のほぼ全域に対する
保全が必要な溪流の対策例1



堰堤工(透過)

流域内対策②

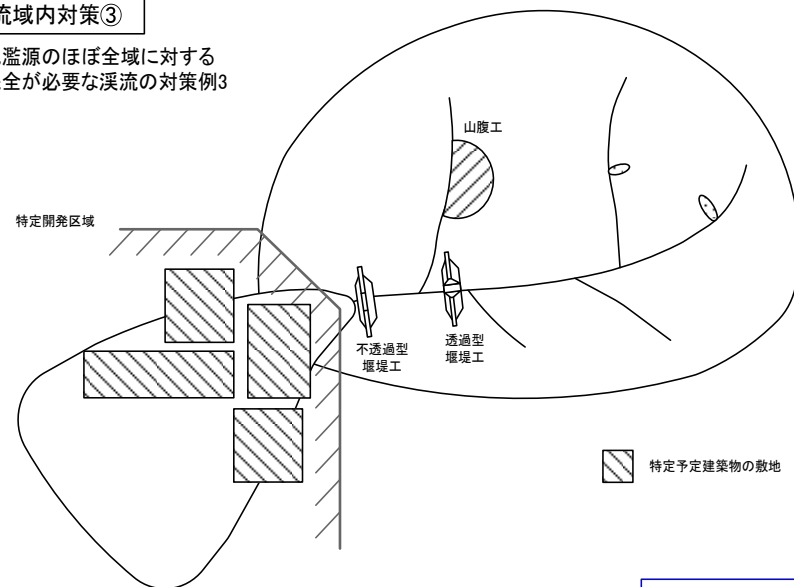
氾濫源のほぼ全域に対する
保全が必要な溪流の対策例2



堰堤工(不透過)

流域内対策③

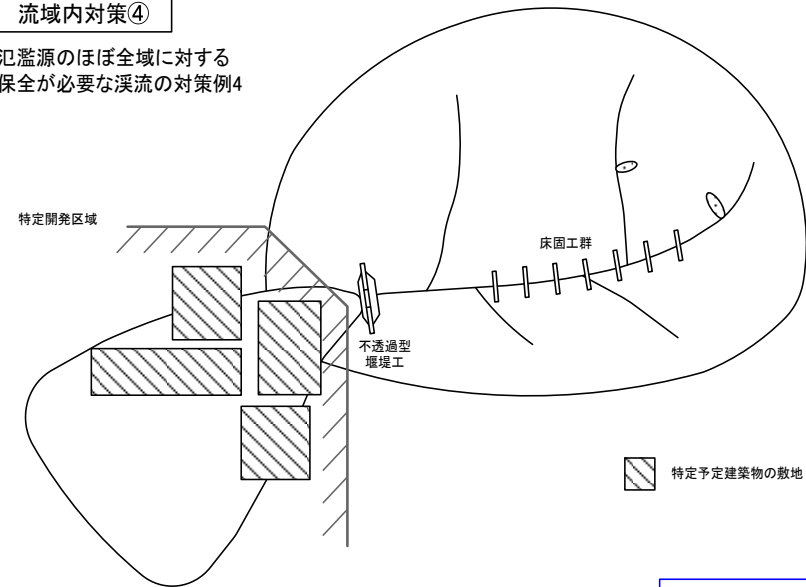
氾濫源のほぼ全域に対する
保全が必要な溪流の対策例3



堰堤工+山腹工

流域内対策④

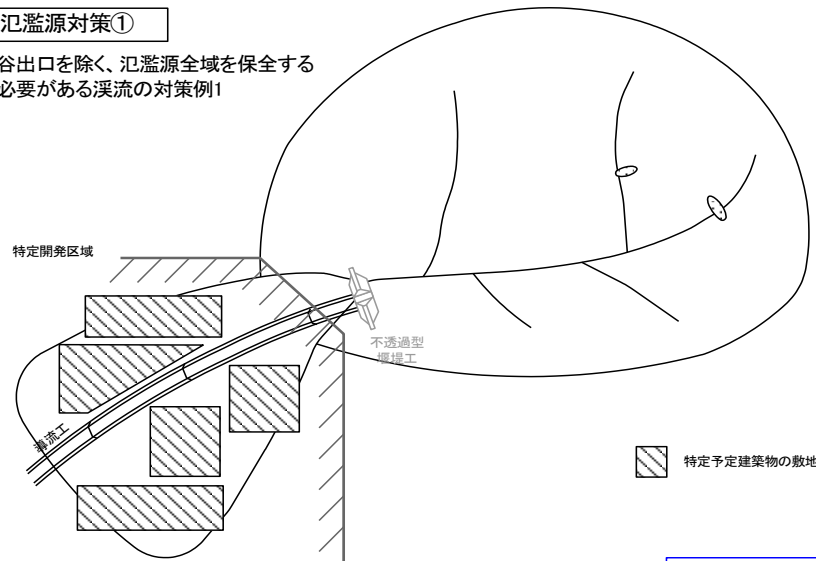
氾濫源のほぼ全域に対する
保全が必要な溪流の対策例4



堰堤工+床固工

氾濫源対策①

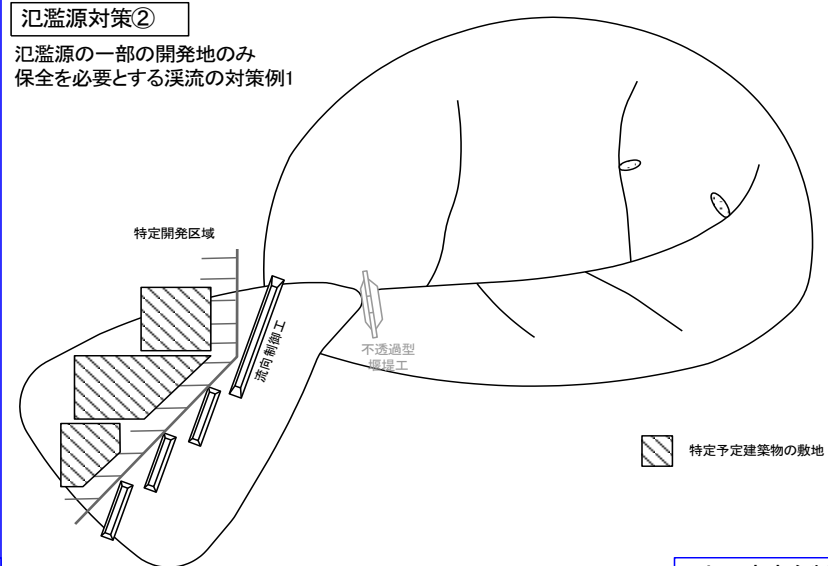
谷出口を除く、氾濫源全域を保全する
必要がある溪流の対策例1



土石流導流工

氾濫源対策②

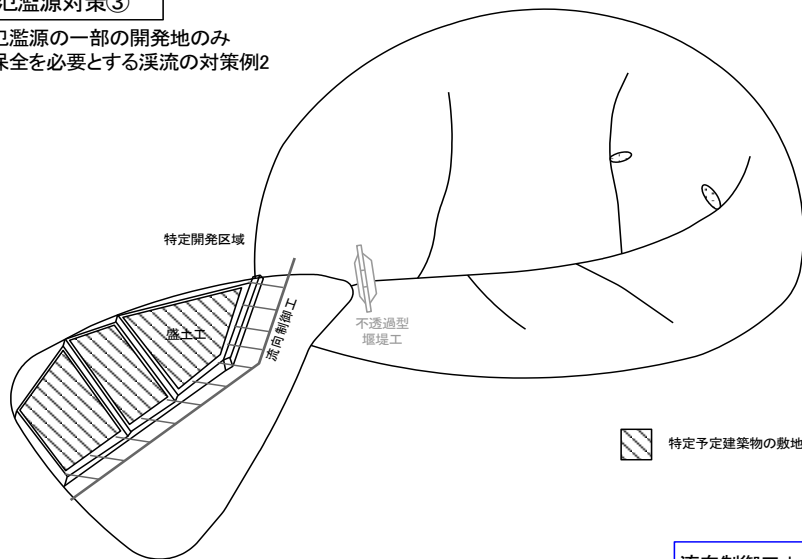
氾濫源の一部の開発地のみ
保全を必要とする溪流の対策例1



土石流流向制御工

氾濫源対策③

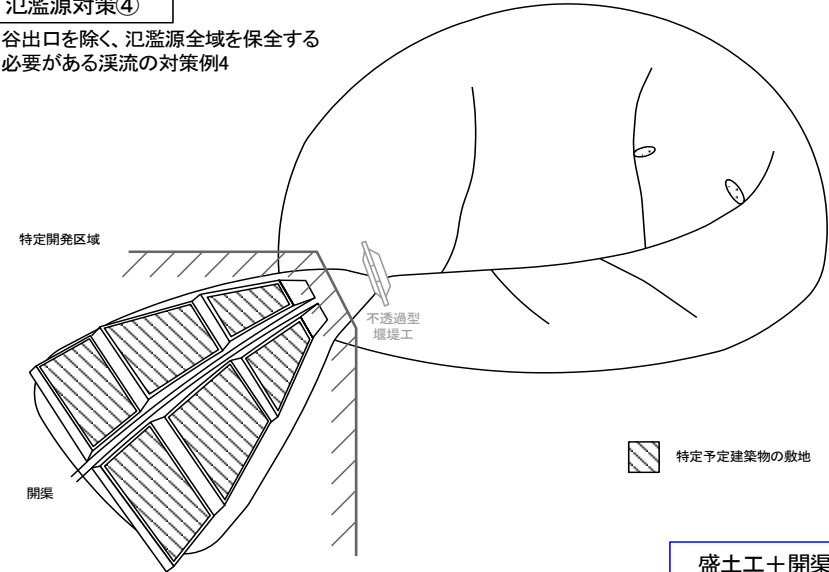
氾濫源の一部の開発地のみ
保全を必要とする溪流の対策例2



流向制御工＋盛土工

氾濫源対策④

谷出口を除く、氾濫源全域を保全する
必要がある溪流の対策例4



盛土工＋開渠

② 対策工事の計画例

土石流の対策工事の計画例

対策工事の計画は、土石流により流下する土石等の量 (Q)、計画流下許容量 (E)、対策工事の効果量である計画捕捉量 (C)、計画堆積量 (D)、計画土石流発生抑制量 (B) との間に次式を満足させるように作成する。

$$Q-E \leq C+D+B \quad \dots\dots \text{式①}$$

例として、「土石流の対策工事を計画する溪流 A があり、山腹には拡大する見込みのある崩壊地が存在し、現在流域内には砂防施設はない」流域を想定する（図 1）。

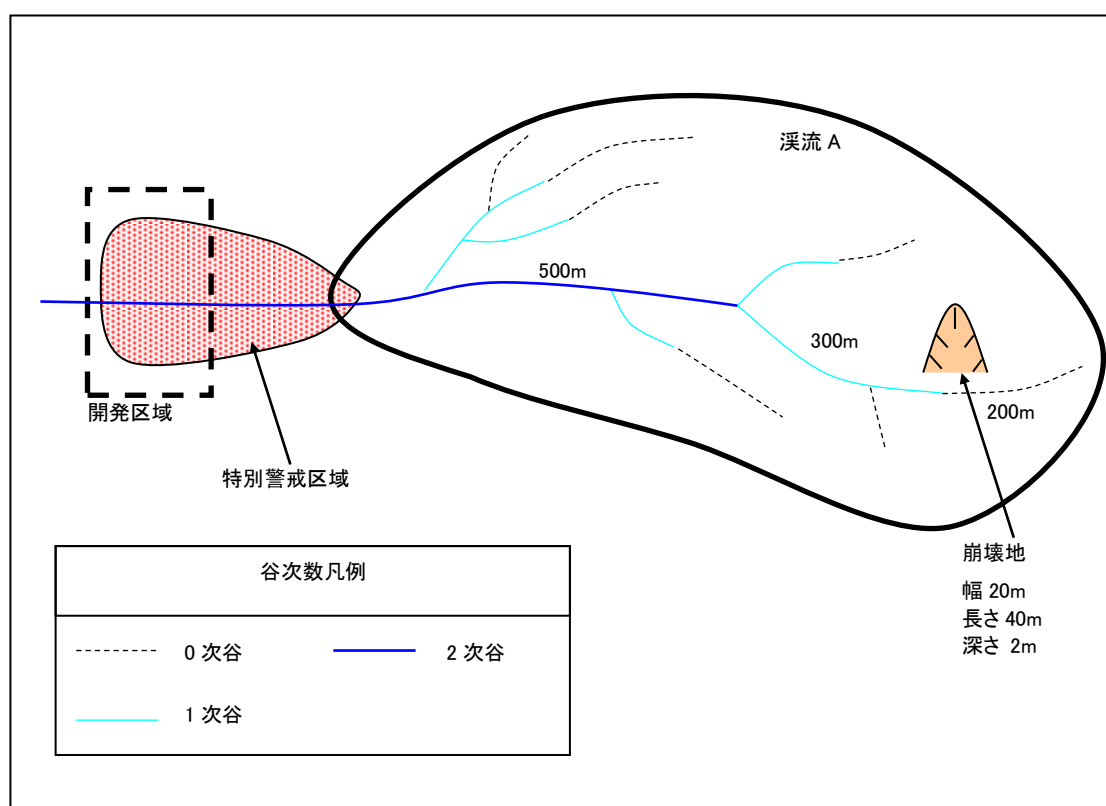


図 1

1. 土石流により流下する土石等の量(Q)の算定

土石流により流下する土石等の量(Q)は、流体力算出対象土砂量(Ve')と運搬可能土砂量 (Vec)を比較して、小さい方の値をとる。

1) 流体力算出対象土砂量(Ve')の算定

流体力算出対象土砂量(Ve')は、最も土砂量が多くなる、0次谷を含めた「想定土石流流出区間(Lme)」にその区間の侵食可能断面積を乗じて求める。この例では、山腹工を対策工事として想定するため、崩壊地の計画生産土砂量 (1,600m³) を上乗せして算定している (表 1)。

2) 運搬可能土砂量(Vec)の算定

運搬可能土砂量(Vec)は、計画規模の降雨量に流域面積を掛けて総水量を求め、これに流動中の土石流の容積土砂濃度を乗じて算定する (表 2)。

3) 土石流により流下する土石等の量(Q)の算定

$$Ve'(6,850\text{m}^3) < Vec' = \frac{10^3 \cdot R_T \cdot A'}{1 - \lambda} \left[\frac{Cd}{1 - Cd} \right] fr (23,673\text{m}^3) \therefore Q = Ve' = 6,850\text{m}^3$$

表 1

	侵食幅 b(m)	侵食深 de(m)	侵食可能 断面積 Ae(m ²)	流路長 Lme(m)	対象土砂量 Ve'(m ³)
0次谷	3.0	0.5	1.5	200	300
1次谷	4.0	1.0	4.0	300	1,200
2次谷	5.0	1.5	7.5	500	3,750
崩壊地計画 生産土砂量	幅20m×長さ40m×深さ2m				1,600
計					6,850

表 2

溪流	流域 面積 A(km ²)	計画 日雨量 R ₂₄ (mm)	渓床 勾配 θ(°)	土砂 濃度 Cd	補正 係数 fr	運搬可能 土砂量 Vec(m ³)
A	0.30	300.0	10.0	0.30	0.37	23,673

2. 対策工事施設の整備土砂量

対策工事施設として、①山腹工、②えん堤（捕捉工）、③床固、④土石流を開発区域外に導流するための施設（導流工）、があり、それぞれの効果量は以下の通りである。

1) 山腹工

計画土石流発生抑制量(B) ※ここでは「崩壊地の計画生産土砂量」を見込む。

2) 捕捉工(えん堤)

$$\text{計画捕捉量}(C)=0.5 \cdot i \cdot b_1 \cdot h^2$$

$$\text{計画土石流発生抑制量}(B_2)=b \cdot de \cdot 2 \cdot i \cdot h$$

3) 床固

$$\text{計画土石流発生抑制量}(B)=b \cdot de \cdot 2 \cdot i \cdot h$$

4) 導流工(土石流を開発区域外に導流するための施設)

効果量は見込まないが、導流工の断面および勾配が「当該施設を設置する地点において流下する土石流を開発区域外に安全に導流することができる」構造であることから、導流工の対象流量は計画流下許容量と概念的に類似するといえる。

ここに、

- b : 溪床不安定堆積物の侵食幅 (m)
- de : 溪床不安定堆積物の侵食深 (m)
- i : 元河床勾配 (1/i)
- h : 捕捉工、床固の有効高 (m)
- b₁ : 捕捉工堆砂域における平均堆砂幅 (m)
- L : 導流工の長さ (m)

3. 対策工事の配置計画作成

1) 対策工事施設の配置方針

地形条件、荒廃状況、社会条件等を考慮しながら、対策工事施設の配置を検討する。対策工事施設の配置方針は、

- ①崩壊地に、崩壊地の侵食を防止する「山腹工」
 - ②溪床の侵食が著しい箇所に、溪流の土石等の移動を防止する「床固」
 - ③谷出口に、流下する土石等を堆積する「捕捉工」
 - ④堆積工から開発区域外まで、土石流を安全に導流する「導流工」
- を計画する（図 2）。

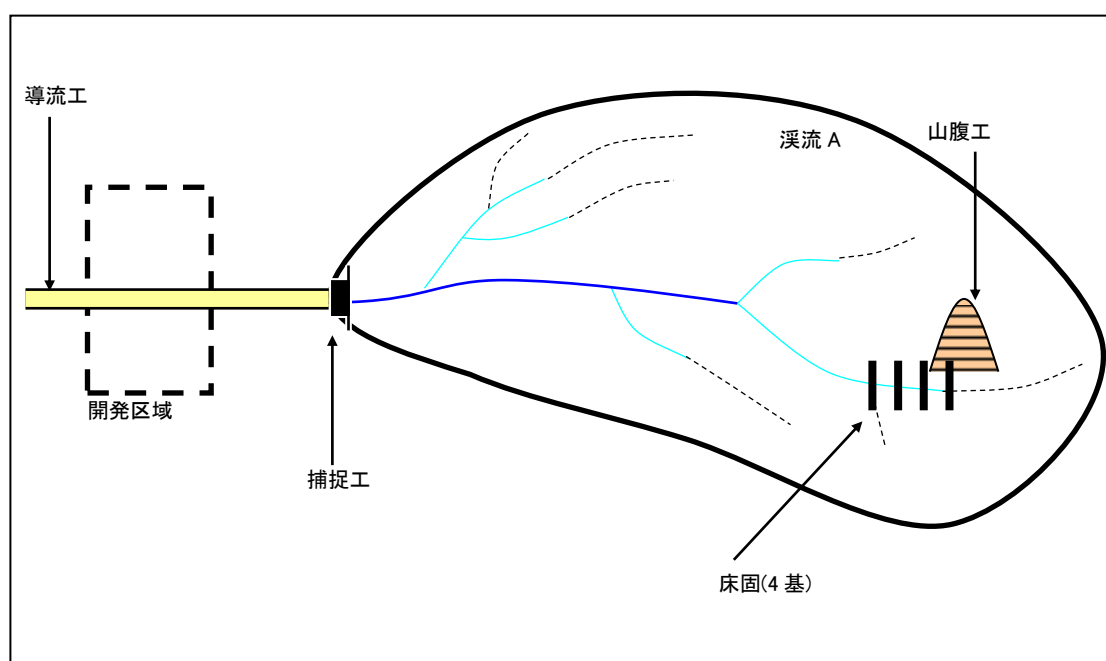


図 2

2) 対策工事施設の配置計画

式①を満たすようにこれら対策工事施設の規模を算定する。ここでは、計画流下許容量を 0m^3 として各対策工事施設の規模を決定した（表 3）。

この際、導流工の断面および勾配は、土石流により流下する土石等の量(Q)に対する効果量(C+B)の比だけ土石流ピーク流量が減少すると仮定し決定した計画流量を、開発区域外に安全に導流することができる構造とする。

表 3 の数値を式①に当てはめると以下のようになり、式①を満たしている。

$$Q - E \leq C + D + B \rightarrow 6,850(Q) - 0(E) \leq 4,500(C) + 0(D) + 2,419(B)$$

$$\therefore 6,850 \leq 6,919$$

表 3

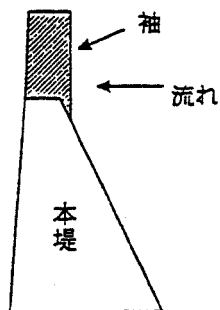
対策工事	谷次 数	侵食 幅 b (m)	侵食 深 de (m)	有効 高 h (m)	堤長 b ₂ ' (m)	計画 堆砂幅 b ₂ (m)	平均 堆砂幅 b ₁ (m)	元河床 勾配 1/n	導流工 延長 L (m)	計画 捕捉量 C (m ³)	計画 堆積量 D (m ³)	計画土石流 発生抑制量 B (m ³)	効果量 C+D+B (m ³)	備考
山腹工	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,600	1,600	崩壊地生産土砂量
床固(4基)	1	4.0	1.0	1.5	15.0	10.0	-	3.0	-	-	-	144	144	1基の効果量は36m ³
捕捉工	2	5.0	1.5	10.0	45.0	35.0	20.0	4.5	-	4,500	-	675	5,175	
導流工	2	-	-	-	-	-	-	-	400	-	-	-	0	効果量は見込まない
合計										4,500	0	2,419	6,919	

※計画流下許容量を0m³とした場合で計画。

※平均堆砂幅(b₁)はb₁=(b₂+b)/2で計算。b₂は捕捉工堆砂域における計画堆砂幅。

※堤長(b₂')は計画堆砂幅算定の目安となるが効果量に直接関わる諸元ではない。ここでは参考として挙げた。

③ 審査チェックリスト



チェック項目		確認	掲載箇所	備考
3 対策工事の計画				
(1) 特定予定建築物の敷地に土砂等が到達しない計画となっているか				
(ア) 対策施設計画				
	土石流の発生のおそれのある溪流ごとに対策施設計画が立案されているか		土石流編2-4	
	予定建築物の敷地において、土石流により流下する土石等の量が適正に算定されているか		土石流編2-4	
	新たな対策施設の効果量が適正に評価されているかどうか			
	対策施設の設置位置が適正かどうか		土石流編2-4	
	流域の土砂処理計画は適正になされているか		土石流編2-4	
(イ) 設計外力の確認				
	土石流の力や高さの算定に用いる土質定数は適正か		土石流編3-1	
	土砂量が適正に算定されているか		土石流編2-4	
(2)	開発区域及びその周辺の地域において土砂災害の発生のおそれを大きくしていないか		土石流編2-3	
4 対策工事以外の特定開発行為に関する工事の計画				
	対策工事の計画と相まって、開発区域及びその周辺の地域において土砂災害の発生のおそれを大きくしていないか		土石流編2-1	
	対策施設の機能を妨げていないか			
5 対策工事の形状又は施設の構造				
ア 山腹工				
	山腹の表層の風化その他の侵食を防止すること等により、当該山腹の安定性を向上する機能を有する構造となっているか		土石流編4	
イ えん堤				
	土石流により流下する土石等を堆積することにより溪床を安定する機能を有し、かつ、土圧、水圧、自重及び土石流により当該えん堤に作用する力によって損壊、転倒、滑動又は沈下しない構造となっているか		土石流編5	
ウ 床固				
	溪流の土石等の移動を防止することにより溪床を安定する機能を有し、かつ、土圧、水圧、自重及び土石流により当該床固に作用する力によって損壊、転倒、滑動又は沈下しない構造となっているか		土石流編6	
エ 土石流を開発区域外に導流するための施設				
	当該施設を設置する地点において流下する土石流を開発区域外に安全に導流することができる構造となっているか		土石流編7	
<高さが2mを超える擁壁>				
	建築基準法施行令第142条に定められた基準を満足しているか		土石流編8	